北京交通大学

主讲人：陈后金

电子信息工程学院

信 号 的 分 类

※ 确定信号 与 随机信号

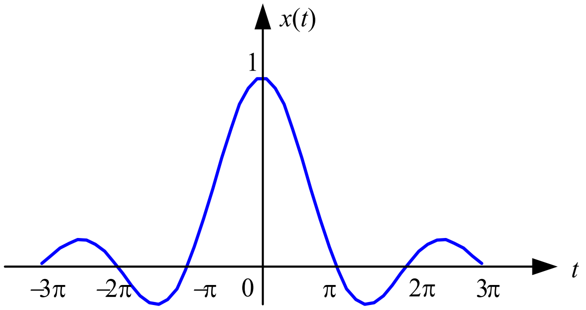
※ 连续时间信号 与 离散时间信号

※ 周期信号 与 非周期信号

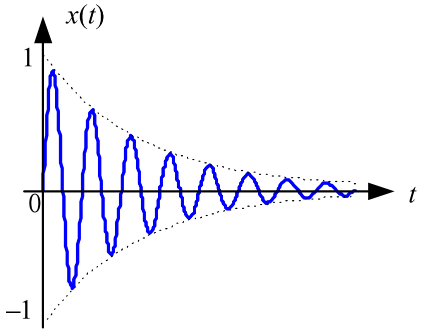
※ 能量信号 与 功率信号

1. 确定信号与随机信号

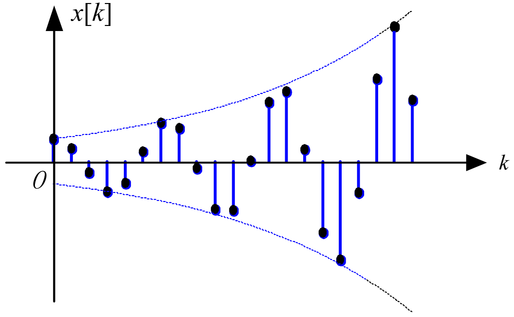
➢ 确定信号：信号在定义域上的每一点都有确定值。



$$x(t)=\frac{\sin t}{t},t\in \mathrm{R}$$



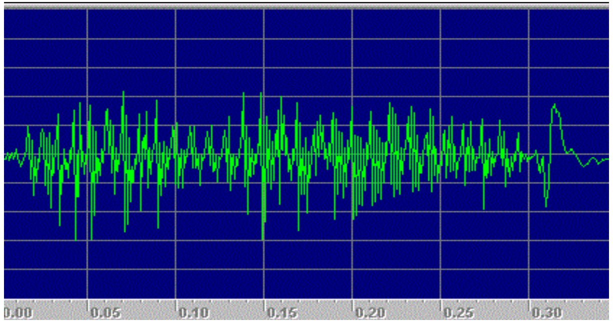
$$x(t)=\mathrm{e}^{-t}\sin t,t>0$$



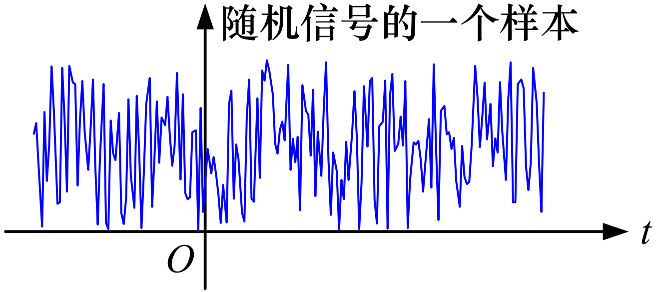
$$x[k]=2^{k}\sin k,k\in \mathrm{I}$$

1. 确定信号与随机信号

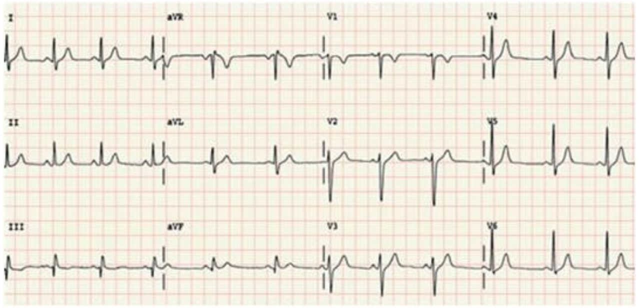
➢ **随机信号**： 不满足确定信号定义的信号。



语音信号



噪声信号

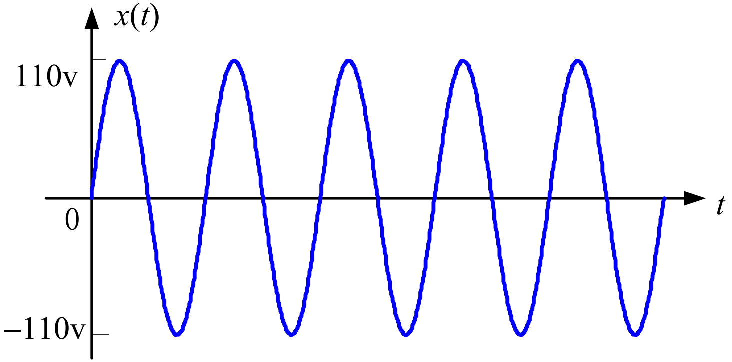


心电图信号

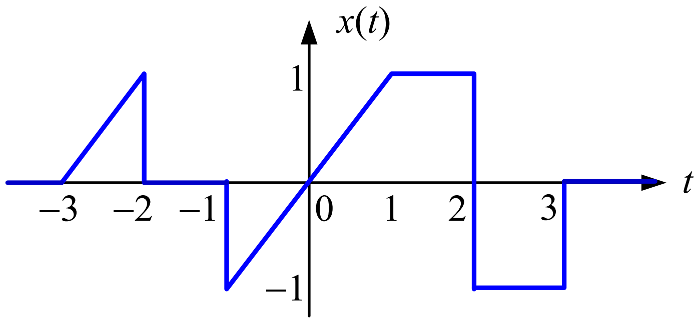
2. 连续时间信号与离散时间信号

➢ **连续时间信号**：信号的定义域为连续区间，

通常以$x(t)$表示，$t \in \mathbf{R}$。



定义域为连续区间

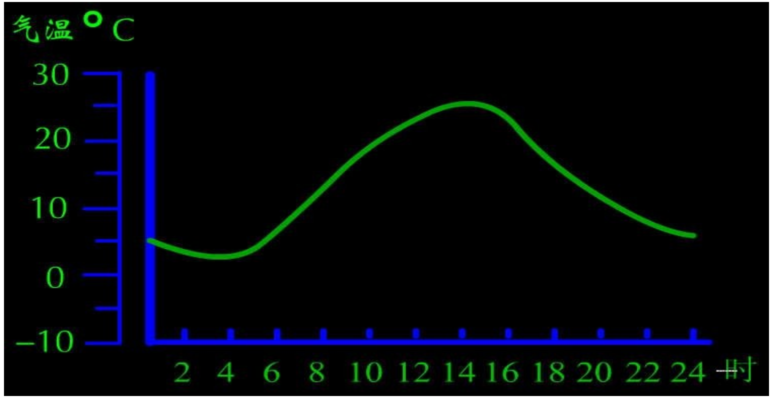


允许在其定义域上
存在有限个间断点。

2. 连续时间信号与离散时间信号

➢ 连续时间信号：信号的定义域为连续区间。

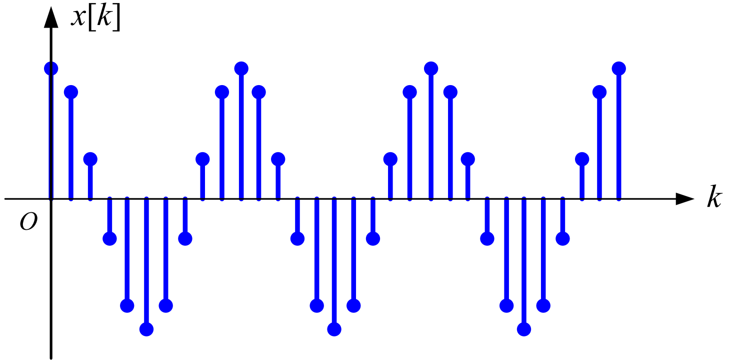
电流信号



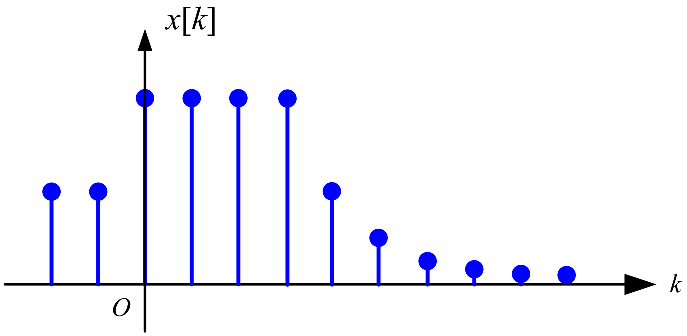
温度信号

2.连续时间信号与离散时间信号

➢ **离散时间信号**：信号的定义域为一些离散点，通常以$x[k]$表示，$k \in \mathbf{I}$ 。



定义域为离散点

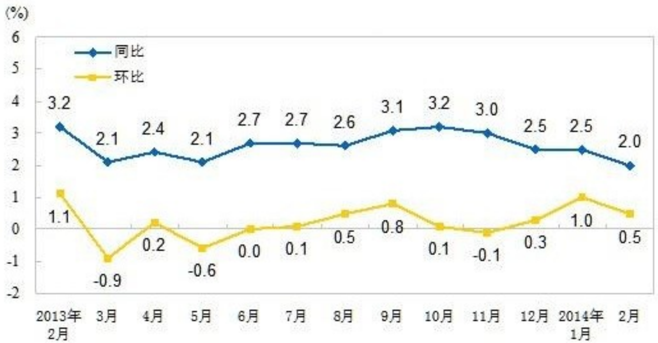


定义域为离散点

（画波形图时，纵轴也可以省略）

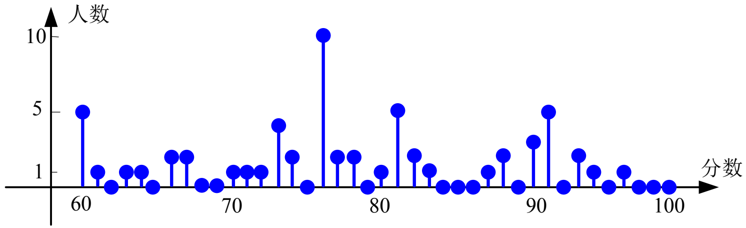
2.连续时间信号与离散时间信号

➢ 离散时间信号：信号的定义域为一些离散点。

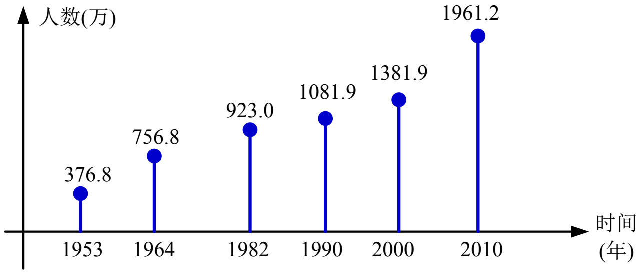


居民消费价格指数

上证指数



成绩分布

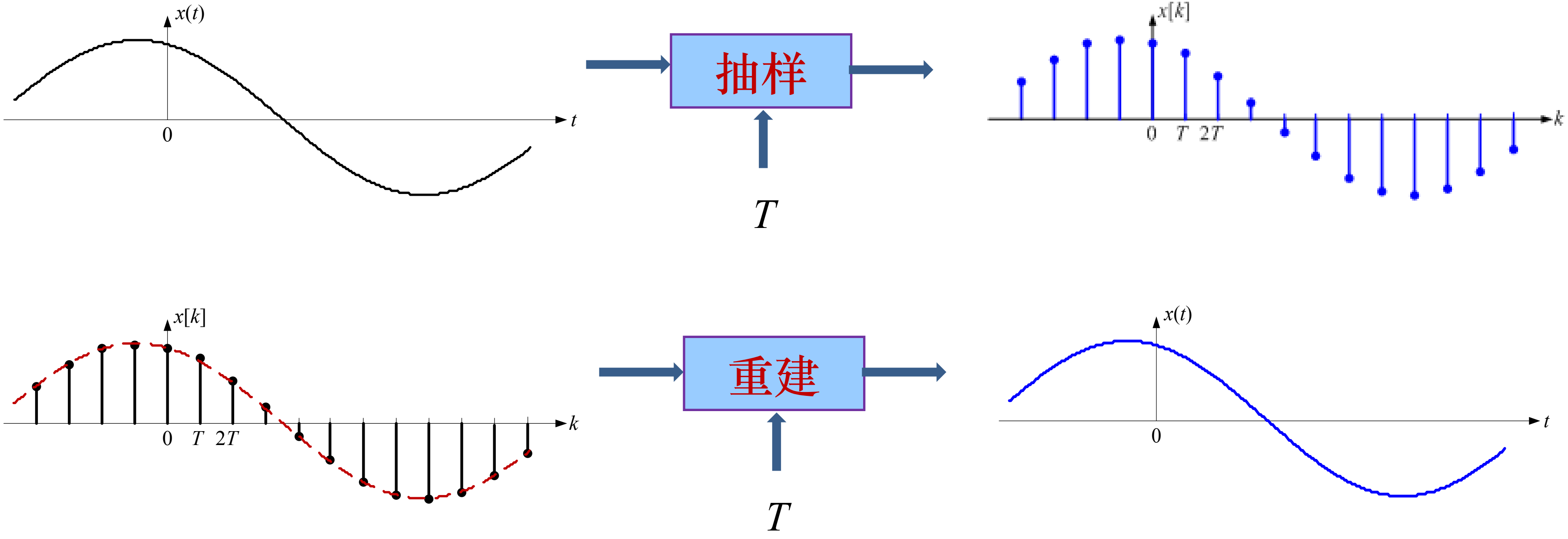


北京市常住人口

2.连续时间信号与离散时间信号

➢ 两者关系

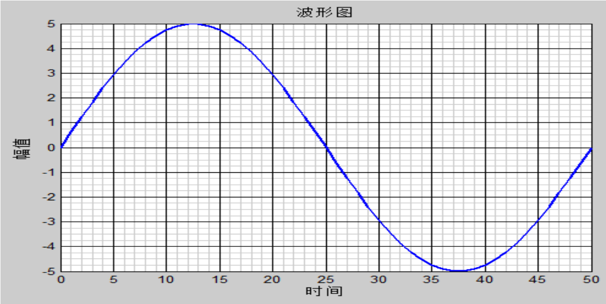
$$x(t)\big|_{t=kT} = x[k]$$



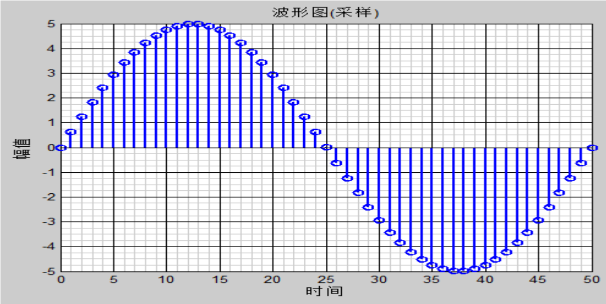
2.连续时间信号与离散时间信号

➤ 模拟信号和数字信号

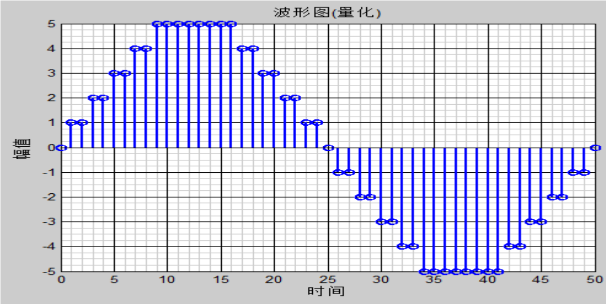
- 模拟信号：幅度连续的连续时间信号。
- 数字信号：幅度离散的离散时间信号。



模拟信号



离散信号



数字信号

3. 周期信号与非周期信号

- 连续时间周期信号：$\forall t \in \mathrm{R}$，存在正数T，使得

  $x(t+T)=x(t)$ 成立，则 $x(t)$ 为周期信号。

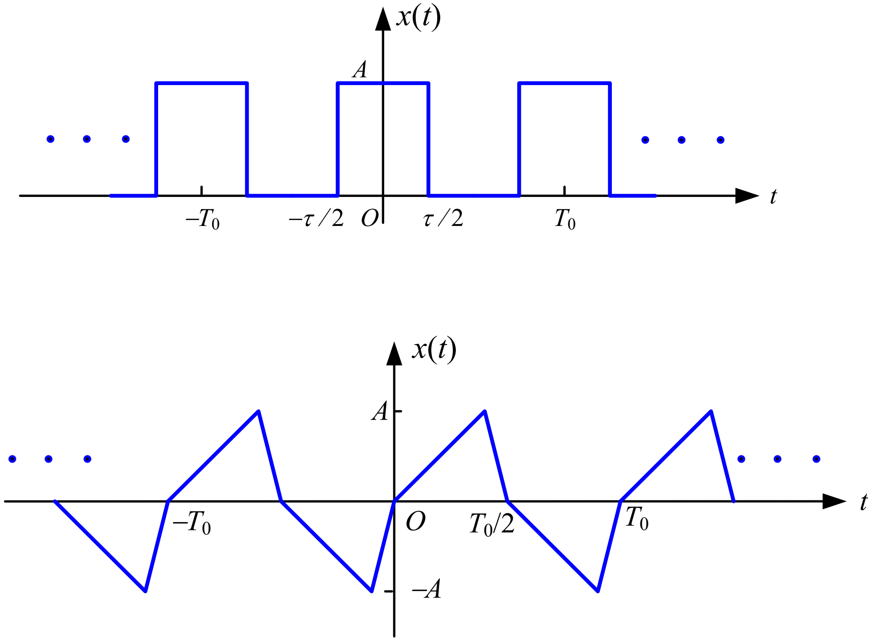
- 离散时间周期信号：$\forall k \in \mathrm{I}$， 存在正整数N，使得

  $x[k+N]=x[k]$ 成立，则 $x[k]$ 为周期信号。

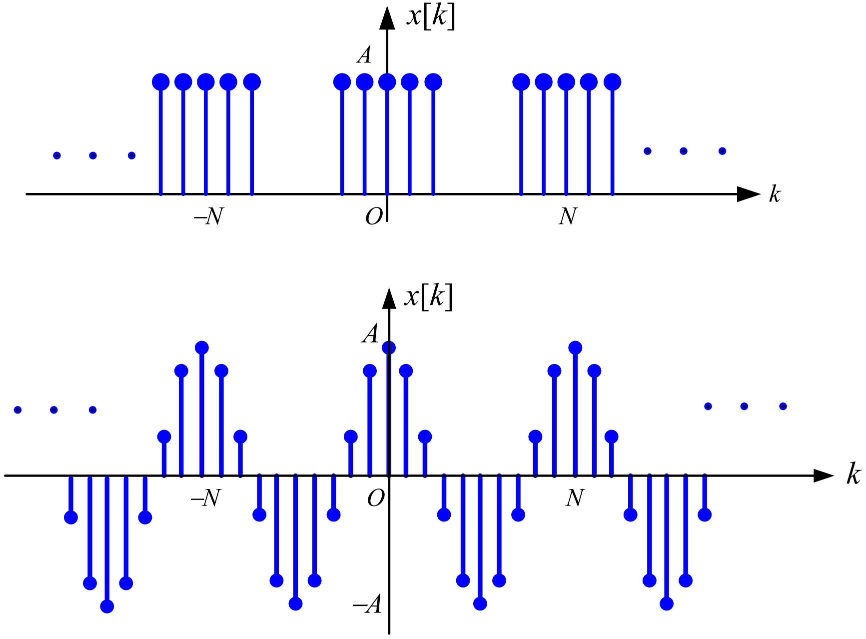
  满足上述条件的最小的正T、正N称为信号的基本周期。

- 非周期信号：不满足周期信号定义的信号。

3. 周期信号与非周期信号



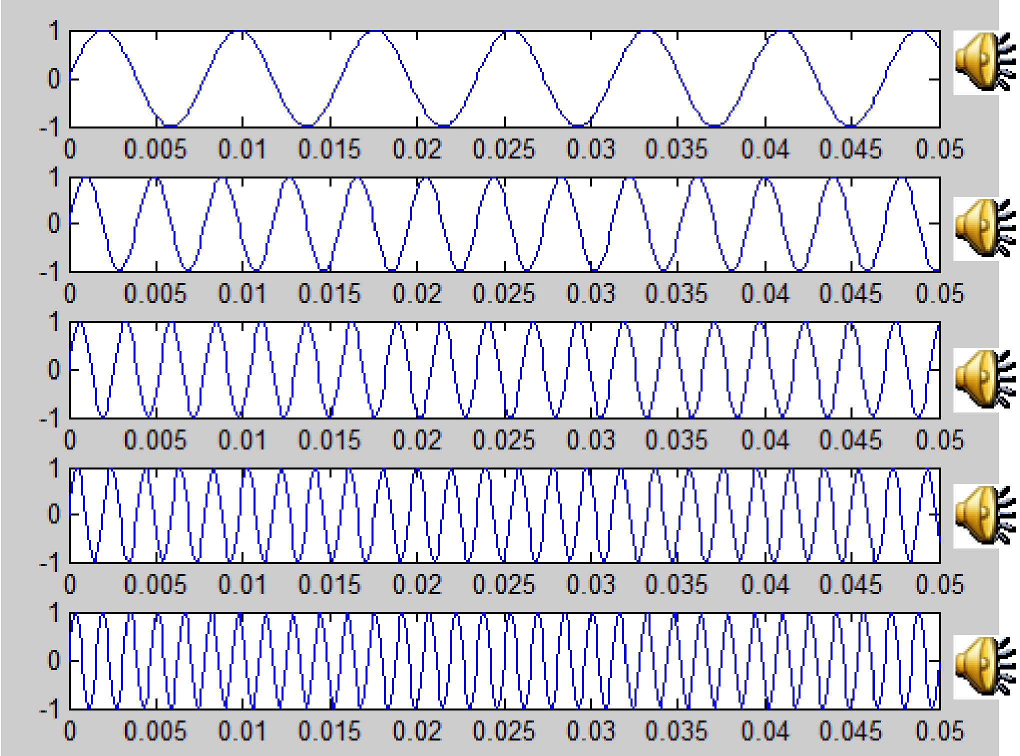
连续时间周期信号



离散时间周期信号

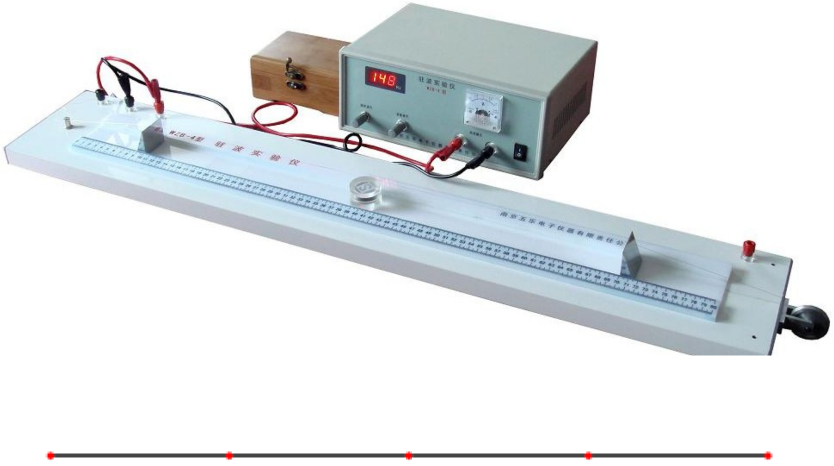
3. 周期信号与非周期信号

测听力音叉

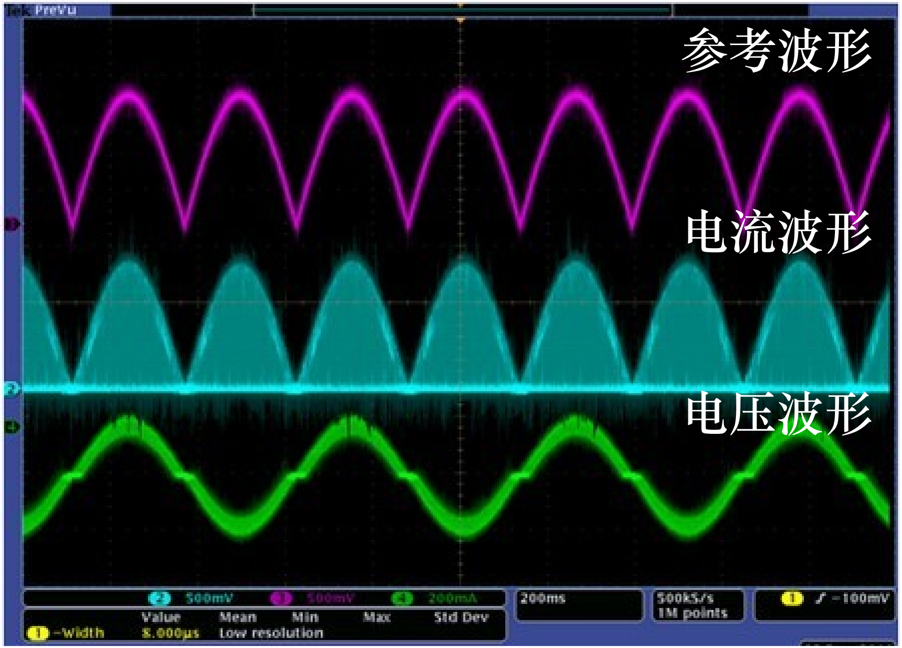


音叉发出信号对应波形

3. 周期信号与非周期信号



驻波仪及其产生的驻波



步进电机电压电流波形图

3. 周期信号与非周期信号

例1：判断正弦信号 $x(t)=\sin(\omega_0 t)$ 是否是周期信号。

解：因为 $x(t+T)=\sin\omega_0(t+T)=\sin(\omega_0 t+\omega_0 T)$

要使其为周期信号，必须有

$$\omega_0 T=m2\pi\ ,\quad m=\text{整数}$$

$$\Downarrow$$

$$T=m\frac{2\pi}{\omega_0}\ ,\quad m=\text{整数}$$

连续正弦信号是周期信号！

因此，$\sin(\omega_0 t)$是周期为$2\pi/|\omega_0|$的周期信号。

3. 周期信号与非周期信号

例2：判断离散正弦信号 $x[k]=\sin(\Omega_0 k)$ 是否是周期信号。

解：因为 $x[k+N]=\sin\Omega_0(k+N)=\sin(\Omega_0 k+\Omega_0 N)$

要使其为周期信号，必须有

$$\Omega_0 N=m2\pi\ ,\quad m=\text{整数}$$

$$\Downarrow$$

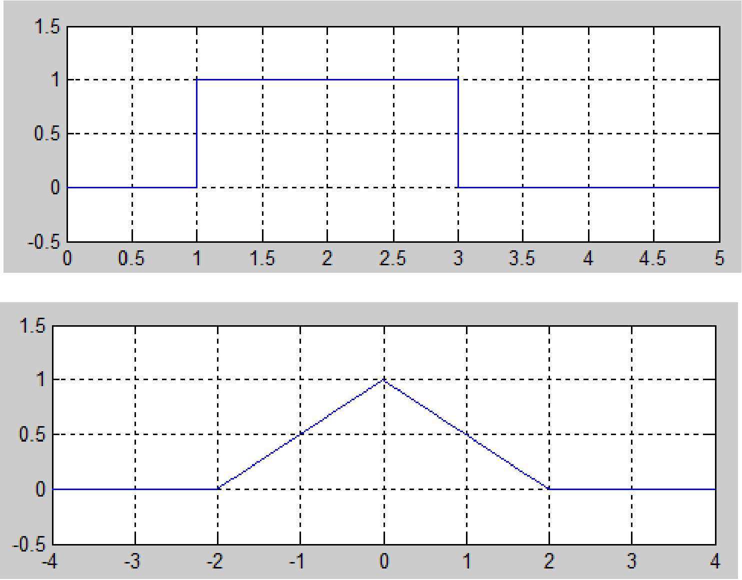
$$\frac{|\Omega_0|}{2\pi}=\frac{m}{N}$$ =有理数，m和N为正整数

离散正弦信号不一定是周期信号！

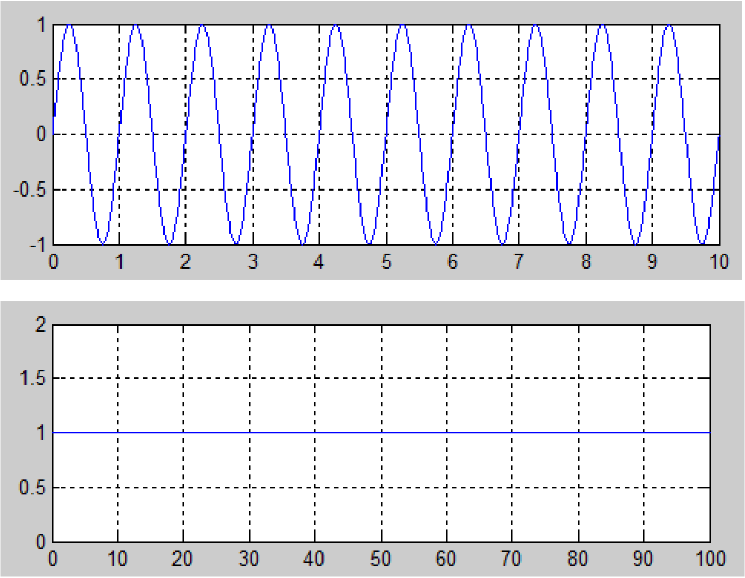
因此，只有当 $|\Omega_0|/2\pi$可表示为有理数时才为周期信号。

4. 能量信号与功率信号

- **能量信号**：归一化能量为非零的有限值，归一化功率为零。
- **功率信号**：归一化能量为无限值，归一化功率为非零有限值。



能量信号



功率信号

4. 能量信号与功率信号

- **能量信号**：归一化能量为非零的有限值，归一化功率为零。
- **功率信号**：归一化能量为无限值，归一化功率为非零有限值。

归一化能量W 与 归一化功率P 的定义：

连续信号

$$W = \lim_{T\to\infty} \int_{-T/2}^{T/2} |x(t)|^2 \mathrm{d}t$$

$$P = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} |x(t)|^2 \mathrm{d}t$$

离散信号

$$W = \lim_{N\to\infty} \sum_{-N}^{N} |x[k]|^2$$

$$P = \lim_{N\to\infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{-N}^{N} |x[k]|^2$$

4. 能量信号与功率信号

例3：判断周期信号 $x(t)=\cos(\omega_0 t)$ 是能量信号还是功率信号。

解：$\cos(\omega_0 t)$是基本周期$T_0=2\pi/|\omega_0|$的周期信号。其在一个基本周期内的能量为

$$E_0=\int_0^{T_0}|x(t)|^2\mathrm{d}t=\int_0^{T_0}\cos^2(\omega_0 t)\mathrm{d}t=\frac{T_0}{2}$$

由于周期信号有无限个周期，所以归一化能量E为无限值。

归一化功率为

$$P=\lim_{T\to\infty}\frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2}|x(t)|^2\mathrm{d}t=\lim_{n\to\infty}\frac{1}{nT_0}nE_0=\frac{1}{2}$$

归一化功率P是非零的有限值，因此是功率信号。

4. 能量信号与功率信号

例4：判断直流信号$x(t)$=C,C为常数 是能量信号还是功率信号。

解：归一化能量为

$$E=\lim_{T\to\infty}\int_{-T/2}^{T/2}|x(t)|^2\mathrm{d}t=\lim_{T\to\infty}\int_{-T/2}^{T/2}C^2\mathrm{d}t=\lim_{T\to\infty}C^2T=\infty$$

归一化功率为

$$P=\lim_{T\to\infty}\frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2}|x(t)|^2\mathrm{d}t=\lim_{T\to\infty}\frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2}C^2\mathrm{d}t=\lim_{T\to\infty}\frac{C^2T}{T}=C^2$$

E是无限值，而P是有限值，因此是功率信号。

周期信号与直流信号都是功率信号。

4. 能量信号与功率信号

例5：判断信号$x[k]=0.5^k$ 是能量信号还是功率信号。

解：归一化能量为

$$E=\lim_{N\to\infty}\sum_{k=-N}^{N}|x[k]|^2=\lim_{N\to\infty}\sum_{k=-N}^{N}(0.5)^{2k}=\infty$$

归一化功率为

$$P=\lim_{N\to\infty}\frac{1}{2N+1}\sum_{k=-N}^{N}(\frac{1}{2})^{2k}=\infty$$

E和P都是无限值，因此既不是能量信号也不是功率信号。

注意：一个信号可以既不是能量信号也不是功率信号，

但不可能既是能量信号又是功率信号。

信 号 的 分 类

- 确定信号 与 ~~随机信号~~
- 连续时间信号 与 离散时间信号
- 周期信号 与 非周期信号
- 能量信号 与 功率信号

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!