



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



# 连续时间信号的基本运算

---

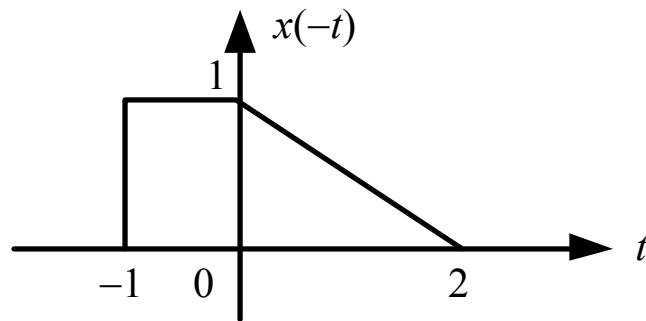
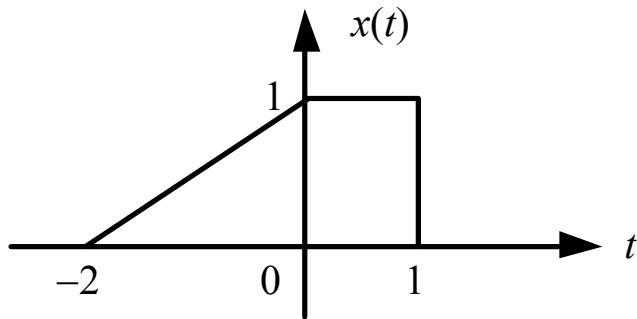
- 翻转
- 尺度变换（压缩/扩展）
- 时移
- 相加
- 相乘
- 微分
- 积分



# 1. 翻转

$$x(t) \rightarrow x(-t)$$

将  $x(t)$  以纵轴为中心作  $180^\circ$  翻转

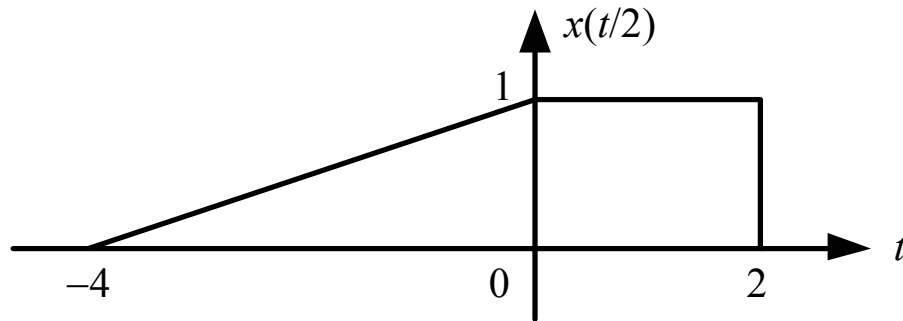
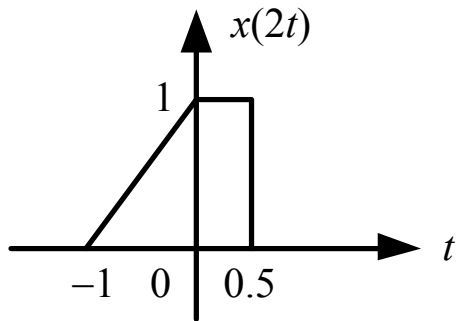
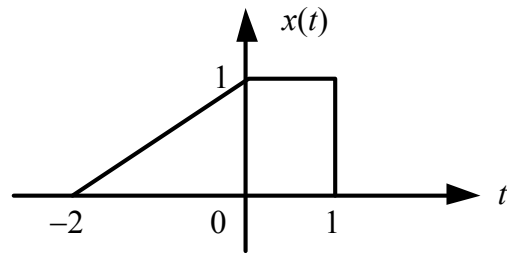




## 2. 尺度变换

$$x(t) \rightarrow x(at) \quad a > 0$$

若  $0 < a < 1$ ，则  $x(at)$  是  $x(t)$  的扩展。  
若  $a > 1$ ，则  $x(at)$  是  $x(t)$  的压缩。



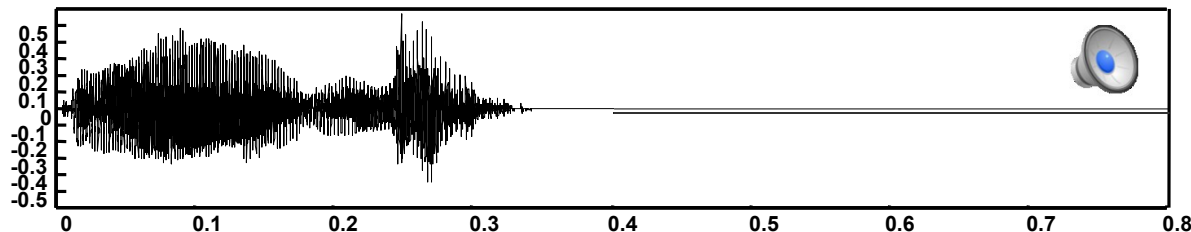


## 2. 尺度变换

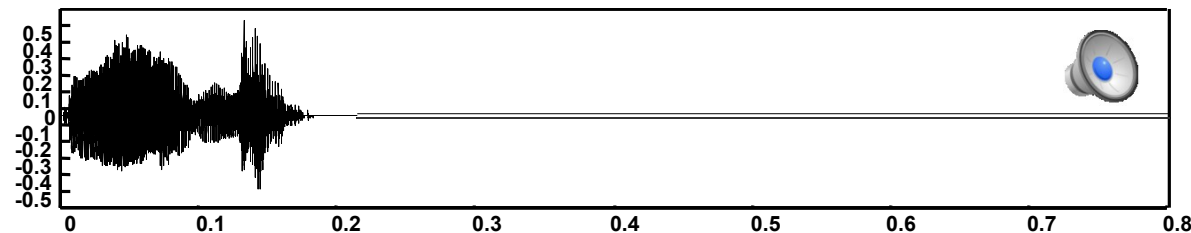
### 影音文件播放中的快进/退、慢进/退

正常播放  $x(t)$

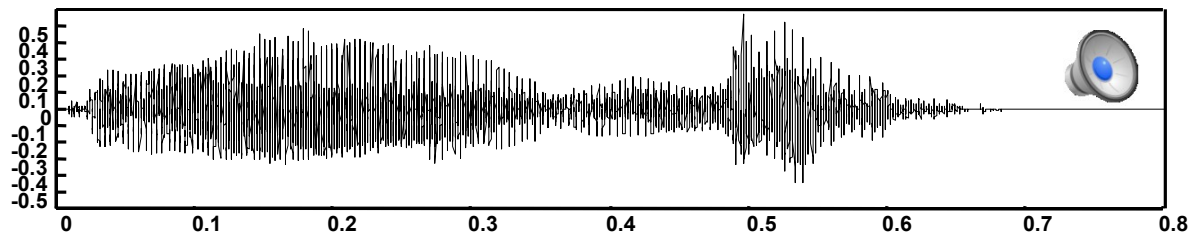
语音信号(“对了”)。  
抽样频率 = 22050Hz



快进播放  $x(2t)$



慢进播放  $x(t/2)$

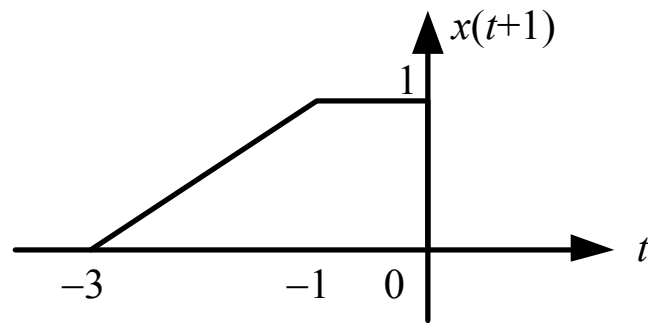
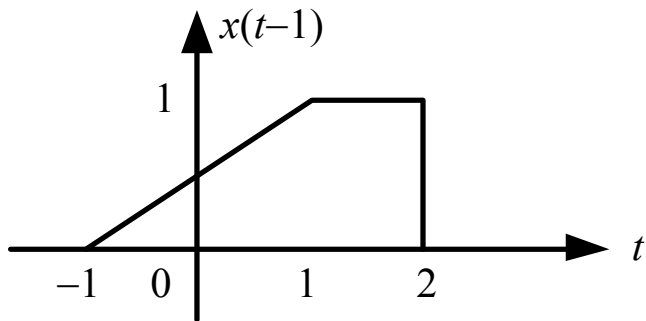
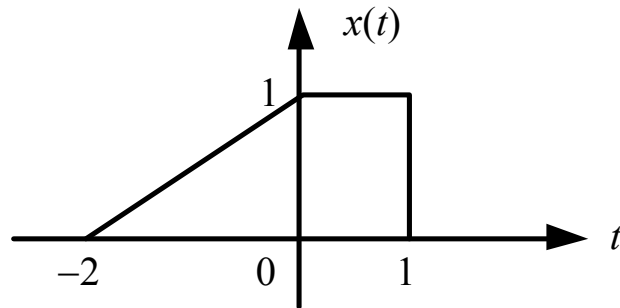




### 3. 时移

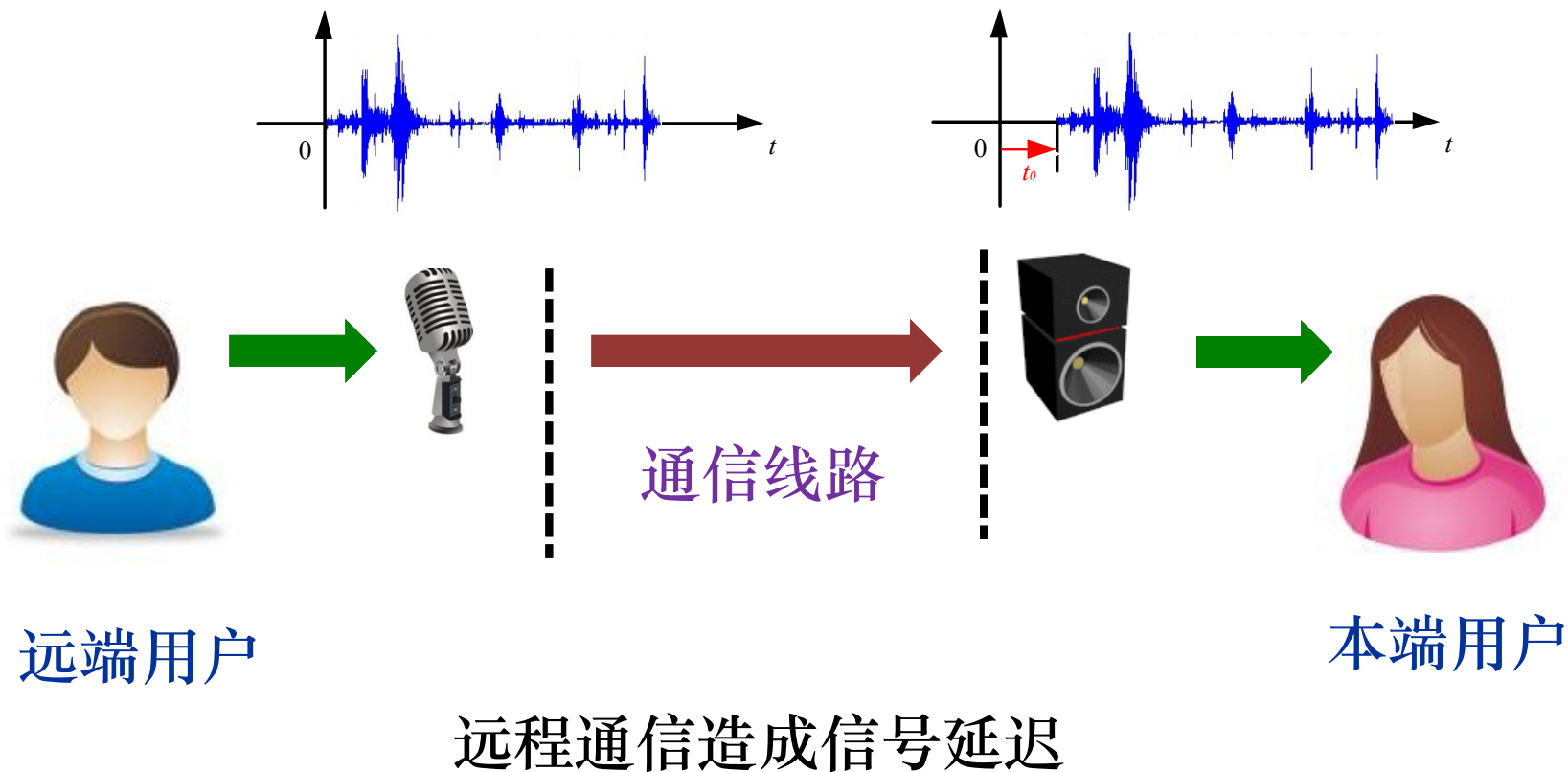
$$x(t) \rightarrow x(t \pm t_0) \quad t_0 > 0$$

$x(t-t_0)$ 表示信号右移 $t_0$ 单位；  
 $x(t+t_0)$ 表示信号左移 $t_0$ 单位。



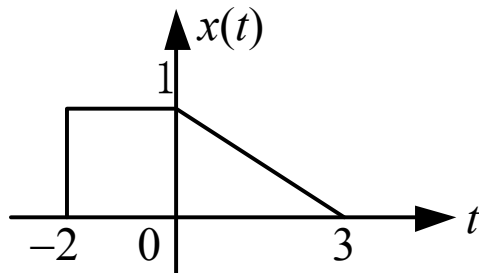


### 3. 时移

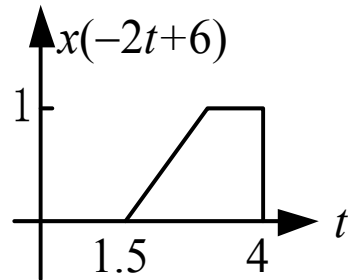
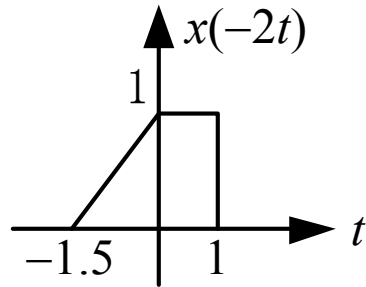
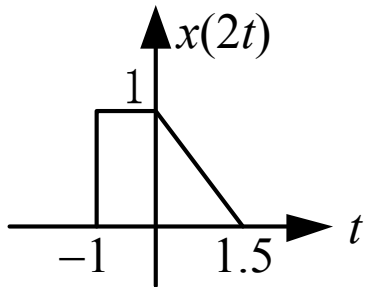




[例]  $x(t)$  波形如图所示，试画出  $x(6-2t)$  的波形。



解:  $x(t) \xrightarrow[t \rightarrow 2t]{\text{压缩2倍}} x(2t) \xrightarrow[t \rightarrow -t]{\text{翻转}} x(-2t) \xrightarrow[t \rightarrow t-3]{\text{右移3}} x[-2(t-3)]$





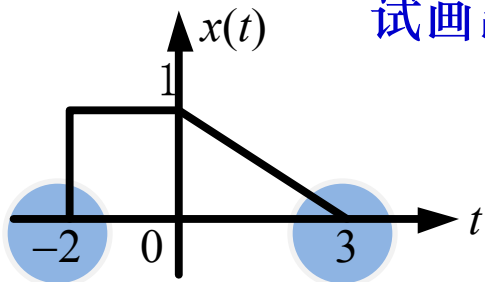


# 端点函数值不变法

基本思想：信号的翻转、展缩和平移运算只是函数自变量的简单变换，变换前后**信号端点的函数值**不变。

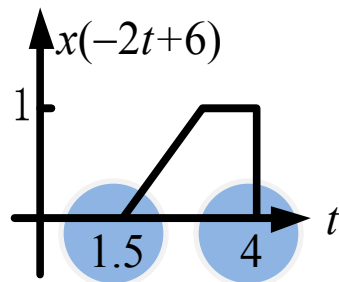
$$\begin{aligned} x(t_1) &= x(at_{11} + b) \\ x(t_2) &= x(at_{22} + b) \end{aligned} \quad \rightarrow \quad \begin{aligned} t_{11} &= \frac{1}{a}(t_1 - b) \\ t_{22} &= \frac{1}{a}(t_2 - b) \end{aligned}$$

试画出 $x(6-2t)$ 的波形



$$t_1 = -2 = -2t_{11} + 6$$

$$t_2 = 3 = -2t_{22} + 6$$



$$t_{11} = 4$$

$$t_{22} = 1.5$$



# 连续时间信号的基本运算

---

## 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！