信息：传送/表达的内容

消息：采用特定方式组成的“符号”

**信号**：消息的表现形式与传递载体，随时间变化的物理量

描述：信息的表现（物理）、多变量函数（数学）、一种波形（形态）

分类：

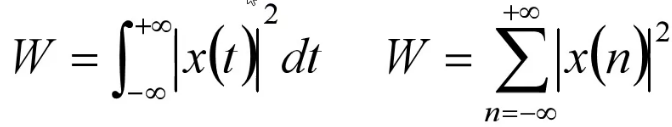
确定性：确定（表示为确定函数）、随机（信号值取某一数值概率）

自变量取值：连续（实数内连续值）、离散（某些不连续值，其它点上无意义 信号值可连续）、数字（自变量与信号值均离散） 连续时间信号抽样可得离散信号

变化规律：周期（X(t+T)=X(t) 周期为正实数）、非周期（不满足公式）

维度：一维（单个自变量）、多维（多个独立变量）

能量：能量（总能量有限 有限时间内）、功率（平均功率有限 周期信号）



特性：**时**间（波形, 幅度, 周期）、**频**率（振幅, 频率, 相位, 频带）

时频变换：信号在频域中的表示包含了信号的全部信息

信号分析方法：**分解**为简单信号线性组合（时域、频域、复频域 揭示时频域特性变化）

**系统**：相互依赖组合而具有特定功能的整体（**输入**与**输出**关系）

分类：处理对象（连续、离散）、特性（**线性、时不变LTI** t为默认自变量）、参量（**集总**/分布参数）、输入输出（单/多）、即使/动态、稳定、因果、可逆

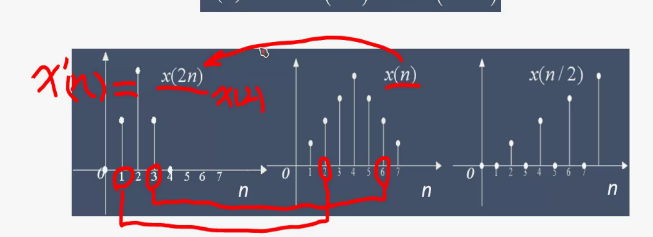
问题：输入、输出、系统特性（知二求一）

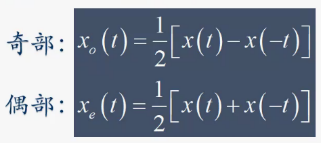
分析方法：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 时域 | 频域 | 复频域 |
| 连续 | 卷积积分 | 连续时间傅里叶 | 拉普拉斯变换 |
| 离散 | 卷积和 | 离散时间傅里叶 | Z变换 |

基本运算：算数（加减, 乘除 sin(t)/t）、自变量变换（平移, 反转, 尺度）

尺度：连续（x(t)=x(at)，a：时间尺度）、离散（**抽取/内插**，丢失信号）

组合变换：平移后反转和尺度变换不变，反转尺度对平移有影响

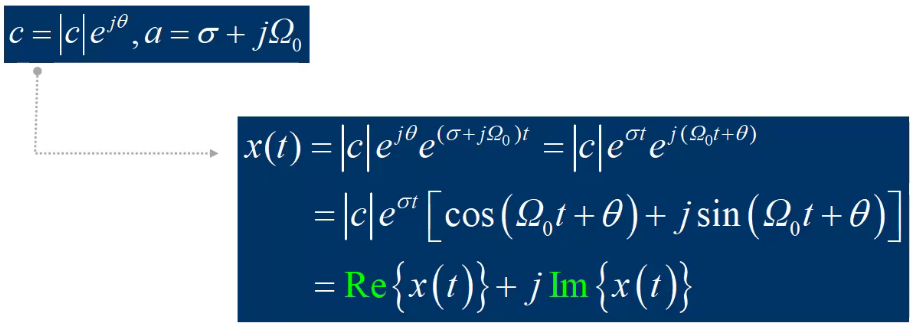
奇偶：信号均可分解为奇偶信号之和

周期：基波周期（最小T, 离散直流基波: 1）

连续时间正弦：

**离散正弦**序列： （**周期条件**）

指数信号：

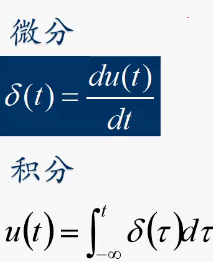
**周期**复指数信号（a纯虚数）：

复指数信号（实虚部均指数变化）：

单位阶跃信号（u(t)）：将信号变为单边、构造门函数（平移相减）

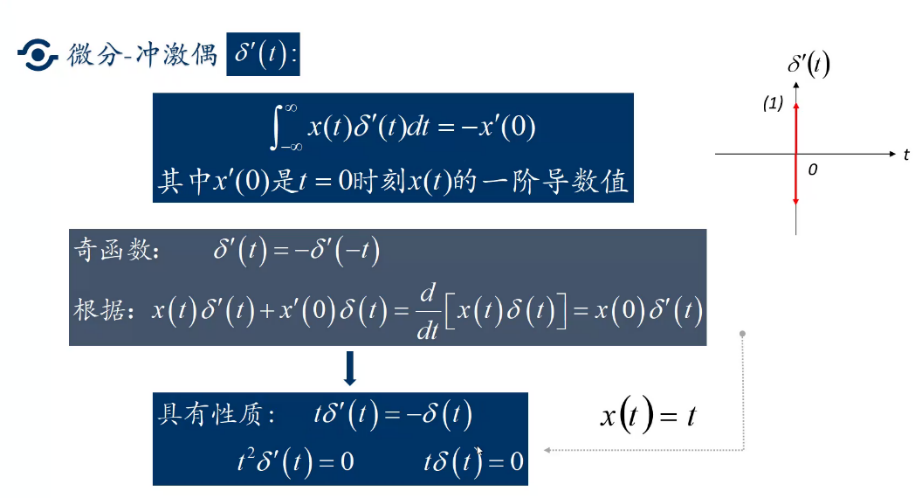
单位阶跃序列：每个整数处阶跃信号（单位脉冲求和）

单位脉冲序列（(n)）：取样性（取相应点处函数值）

单位冲激信号：能量（定义域积分为1，x!=0处值为0）、极限（斜坡信号平移求导取极限）、偶函数、尺度变换（积分换元系数1/a）

阶跃与冲激关系（与离散域对应）：

冲激偶：单位冲激导数，上下单位冲激



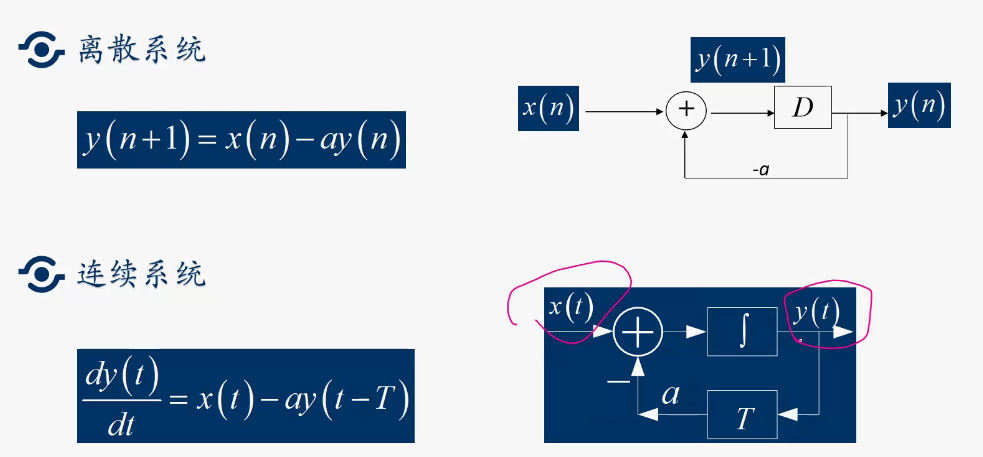
系统模型：数学符号表示系统特性

系统**分析**：抽象系统模型、分析求解、做出物理解释

基本单元：连续（放大、积分、延时、加法、乘法器）、离散（单位移序(平移1)、加、乘器）

系统连接：级联（头尾相连，输出做输入）、并联（输出相加）、反馈连结（输出反馈做输入）

输出为y(t)，利用系统连结，写成系统框图



及时系统：输出仅与当前输入有关（否则为动态系统）

可逆系统：输出与输入一一对应（+逆系统--恒等系统 求和--差分）

因果系统：有输入才有输出

稳定系统：输入有界则输出有界

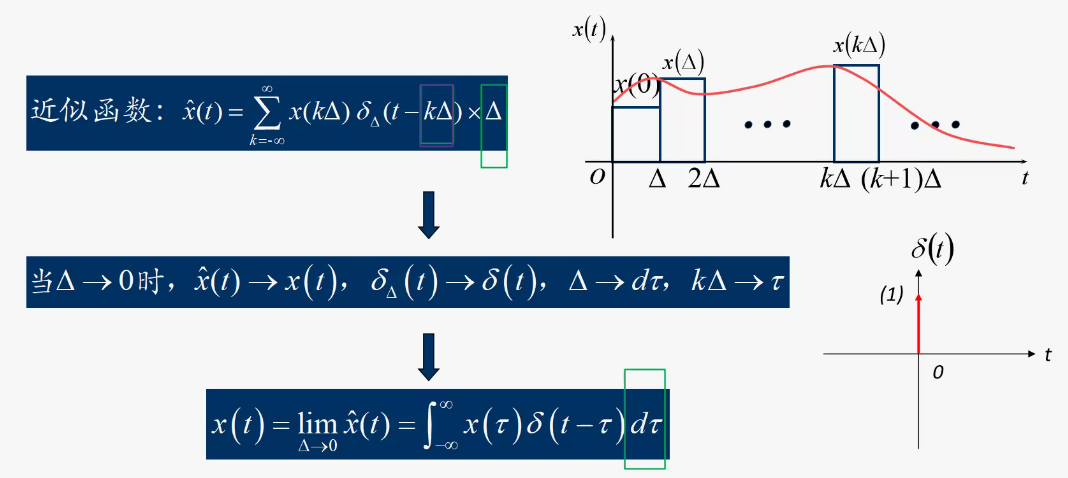
时不变系统：输入时移则输出相同时移

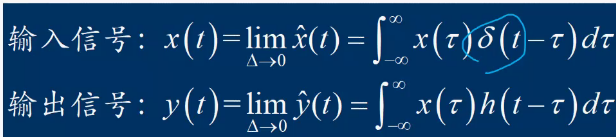
线性系统：**叠加**（输入叠加输出叠加）+**齐次**（输入翻倍输出翻倍）性（**零输入零输出**）

增量线性系统：线性系统（零状态响应z(t)）+输入无关信号（零输入响应y0(t)）

子信号：完备、简单（输出响应易求）、相似性

矩形脉冲近似：左侧为信号值，设计脉宽趋向于0，积分运算（x(t)用加权求和冲激表示）



（卷积积分y(t)=x(t)\*h(t)）

系统表示：h(t)输出已知（卷积）/系统框图已知

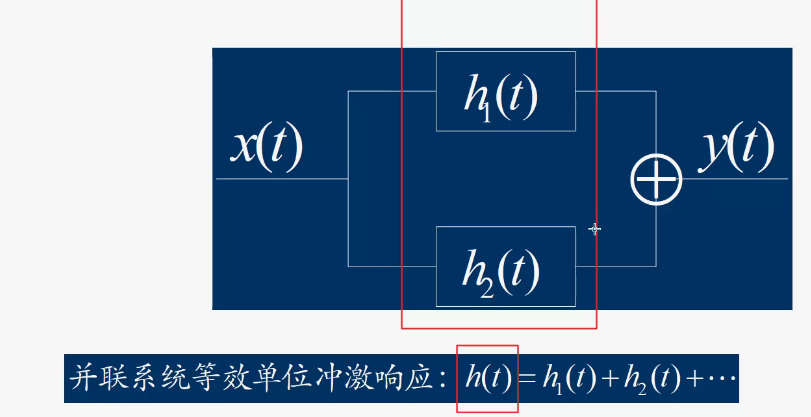
卷积：输出定积分（tao积分, t信号 因果系统缩小积分范围(0-t)）

图解：h(t)反转后逐渐平移t，判断重合面积积分

性质：**交换**（换元证明tao=t-L）

串联系统(结合律)：冲激响应等于各子系统冲激之和（级联卷积）

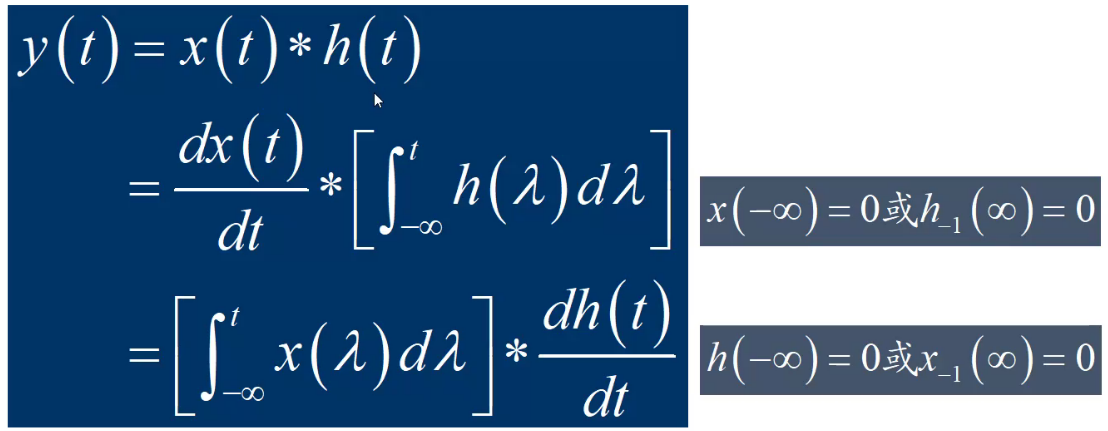
并联系统（分配律）：



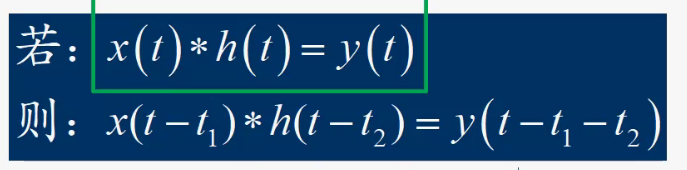
微分：卷积后求导=选择一个求导卷积剩余一个（积分，求导交换）

积分：卷积后积分=选择一个积分与剩余卷积（积分交换后换元）

卷积推论（一个积分，一个求导）：



与**冲激卷积**：**原信号**（时移），基本信号先卷积，然后时移



与阶跃信号卷积：原信号定积分

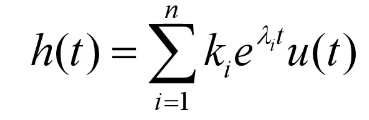
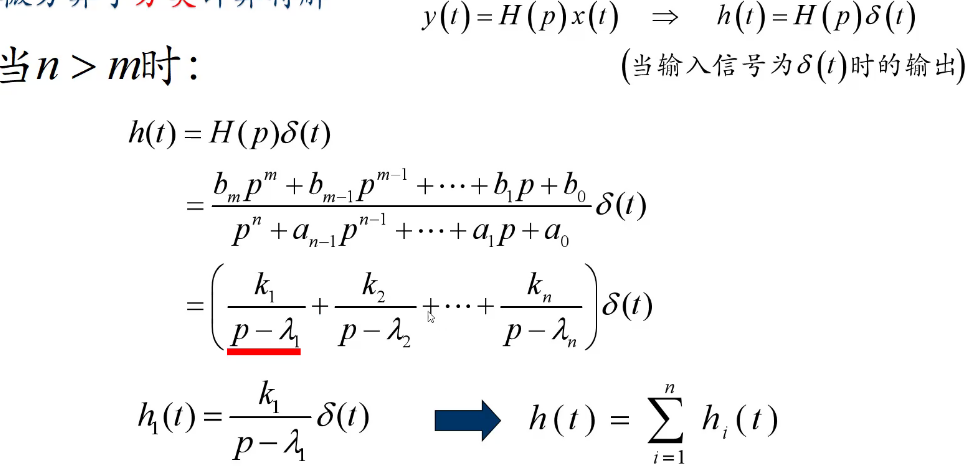
先将函数转化为冲激函数（求导，积分），然后卷积

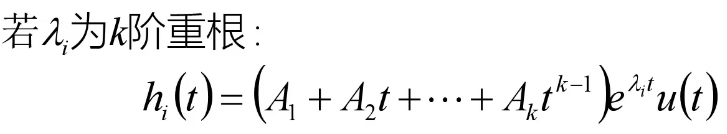
框图/IO方程：求解h(t)

单位冲激响应：系统对单位冲激的零状态响应（输入）

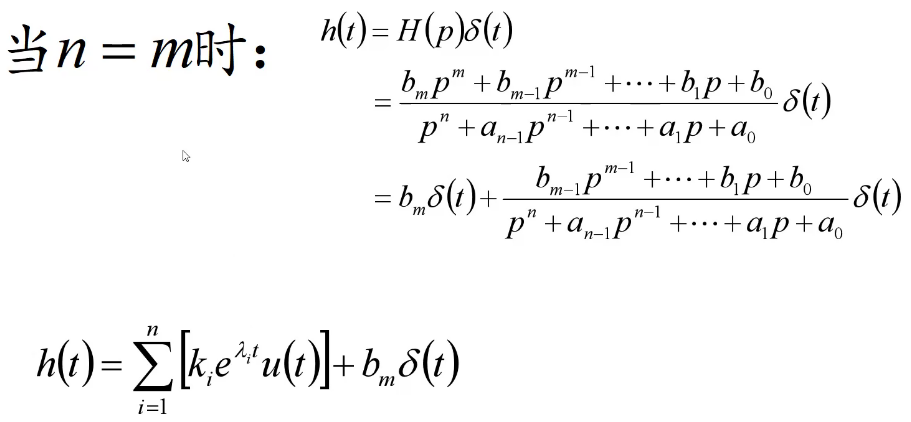
微分方程：通解：齐次方程（输入为0）、特解：仅考虑输入x(t)时输出（求导p）

**高阶微分方程**：分解微分方程，**n阶转化为1阶**，分别求解每一个

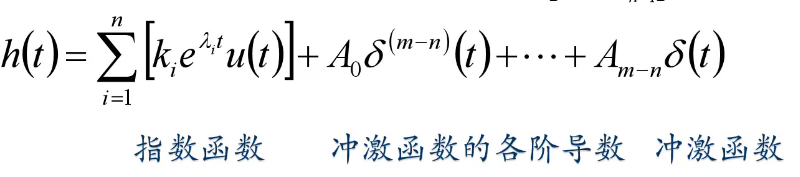




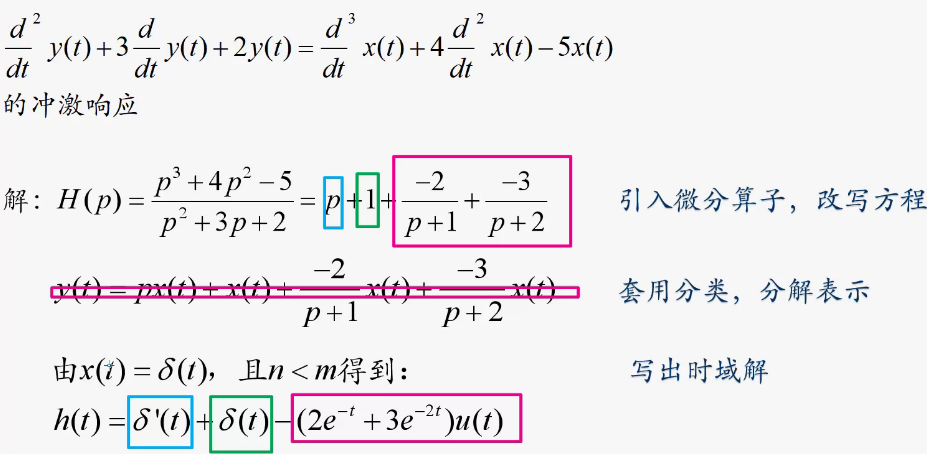
n=m时：多项式除法，得出冲激相



n<m时：冲激导数相



例题：



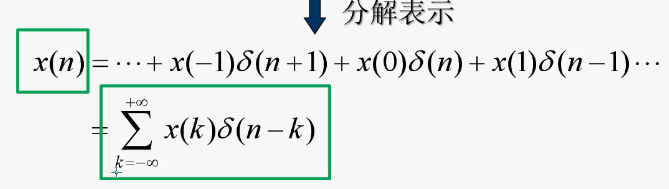
单位阶跃响应s(t)：单位冲激响应的定积分（卷积性质）

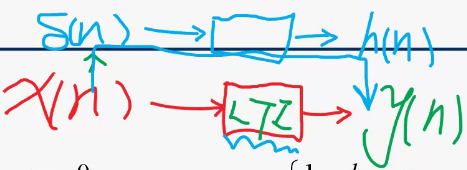
增量线性：输入翻倍，输出翻倍（差值计算）

**离散**时间系统：时间序列分解，卷积和，时域分析

单位脉冲函数：抽样性

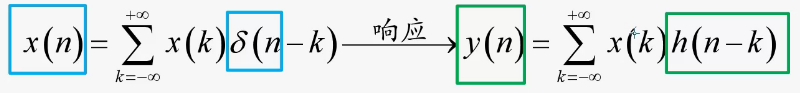
任意给定信号：



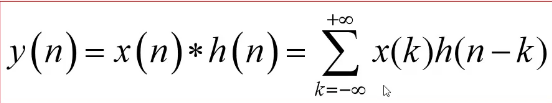


单位脉冲响应（h(n)）：单位脉冲信号为输入时系统输出（时不变、齐次性）

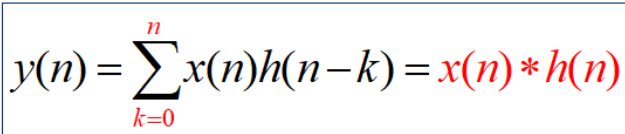
输入输出可分解



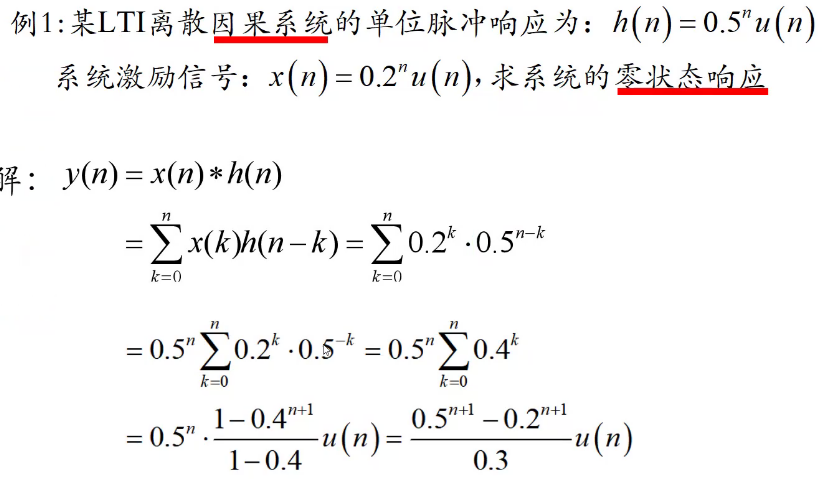
**卷积和**：



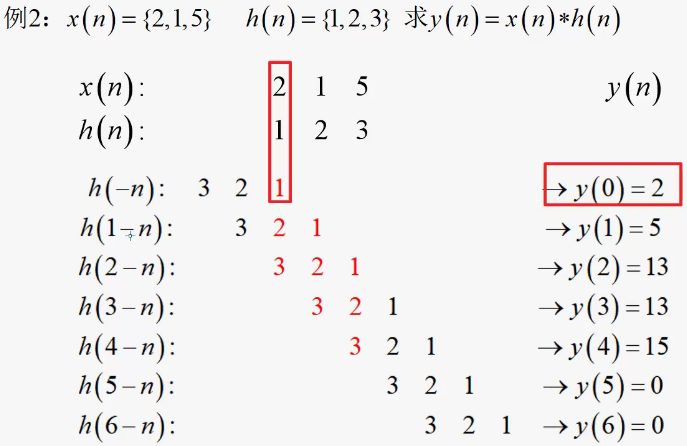
**因果系统**：k<0, x(k)<0；k>n, h(n-k)<0（变化求和域为0~n）



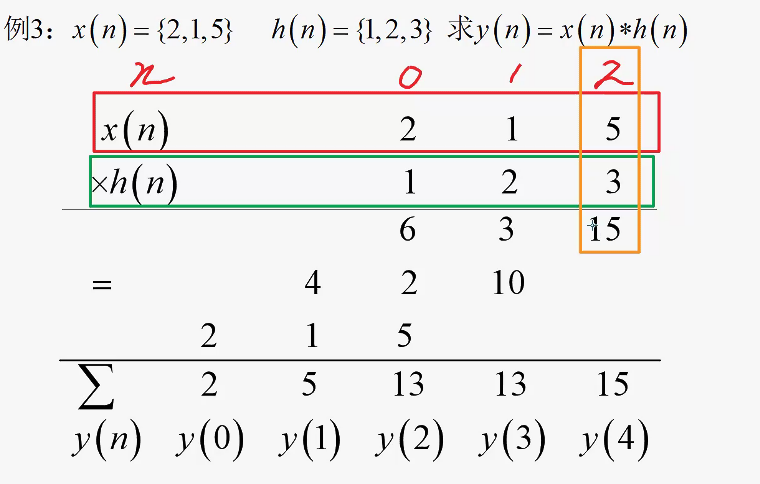
**解析法**：乘单位脉冲序列限制范围



图解法：换元、反转、平移、对应点相乘、求和（有限长度）



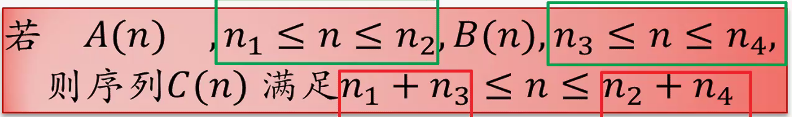
**不进位乘法**：直接对位相乘得出y(n)的值



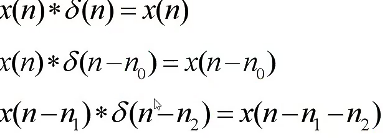
卷积和性质：交换、结合（级联）、分配律（并联）

卷积和序列长=Na+Nb-1

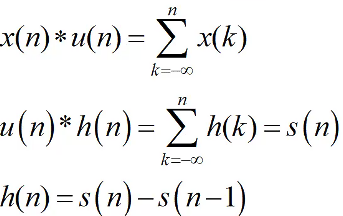
卷积和上下限=原序列上/下限之和



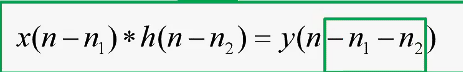
与单位脉冲卷积：



与单位阶跃卷积：

h(n)单位脉冲响应=s(n)单位阶跃响应差分

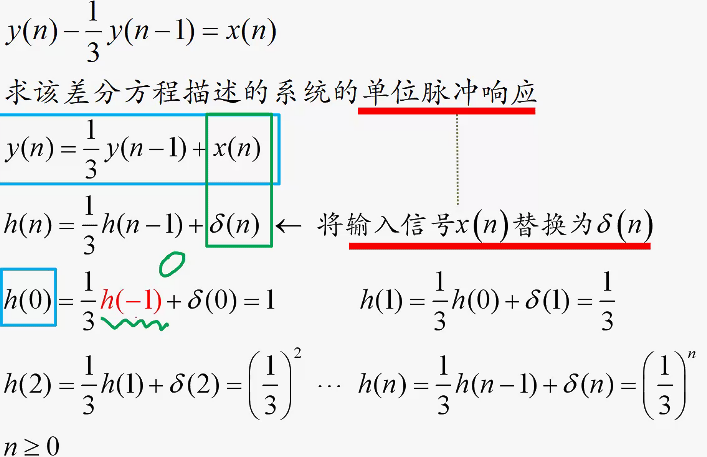
时移性质：



差分方程：前向、后向

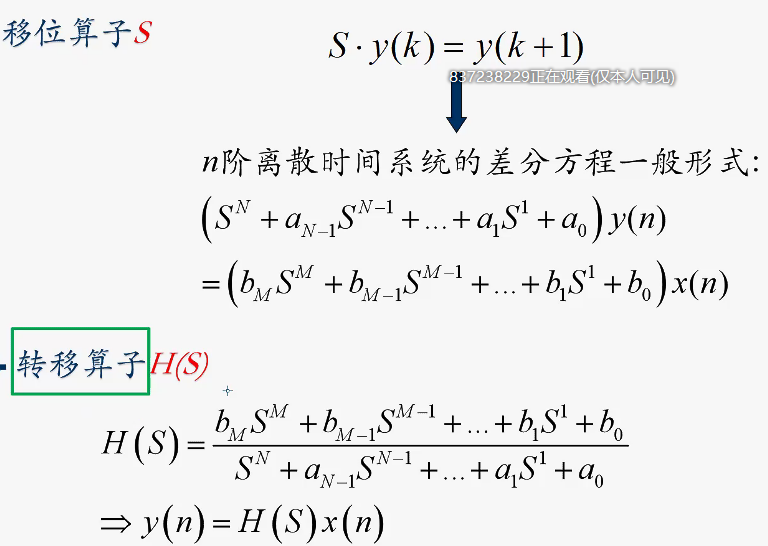
阶数：最大最小移序差

**数值解**求单位脉冲响应：零状态零输入(<0为0)，迭代求解

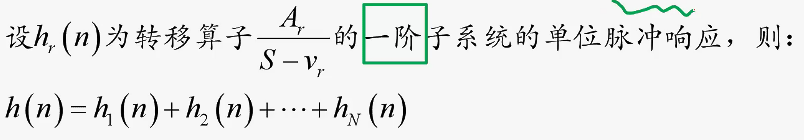


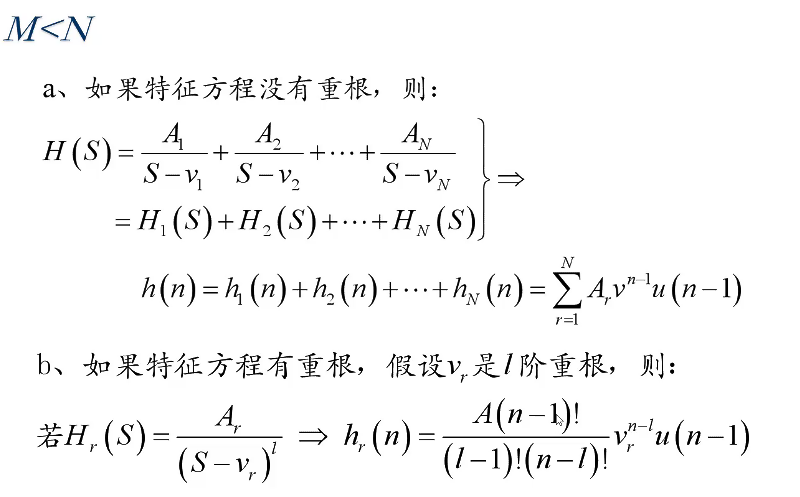
**移位算子S：Sy(k) =y(k+1)**

M：分子阶数 N：分母阶数

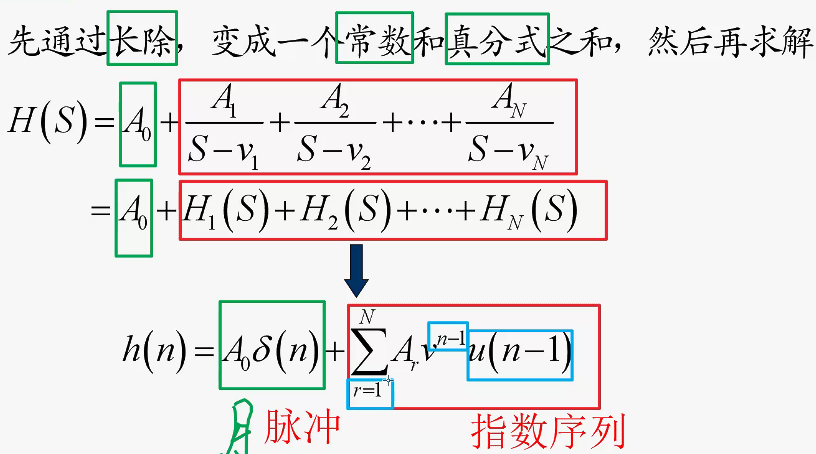


M<N：H(S)极点为单阶，通过长除转化为一阶离散迭代计算

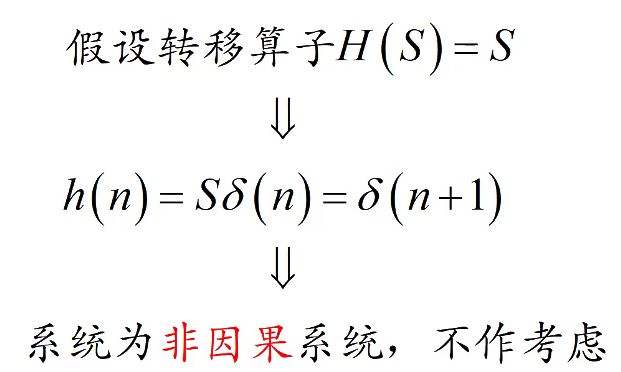


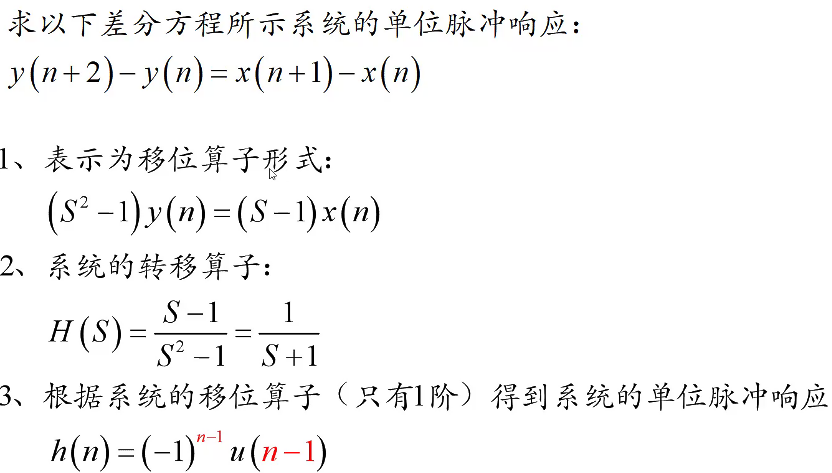


M=N：长除：脉冲序列+移序指数序列解

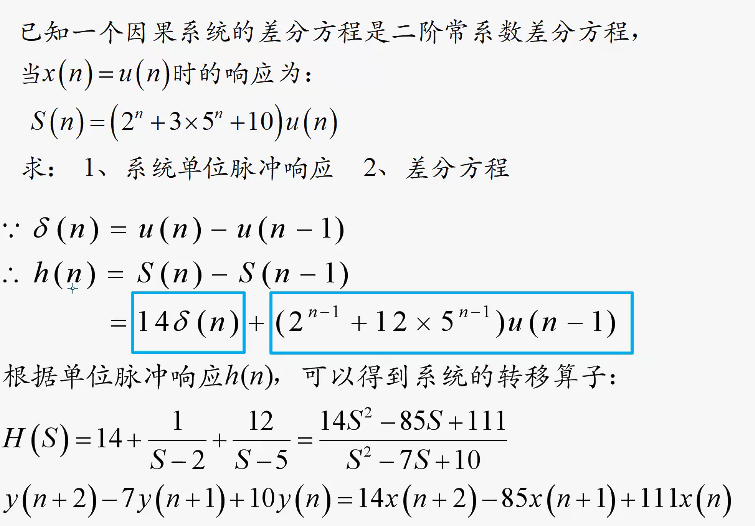


M>N：非因果系统，不做考虑



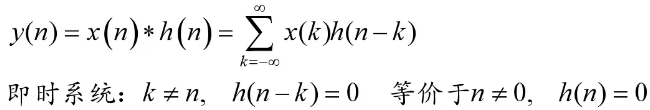


已知系统响应，求转移算子



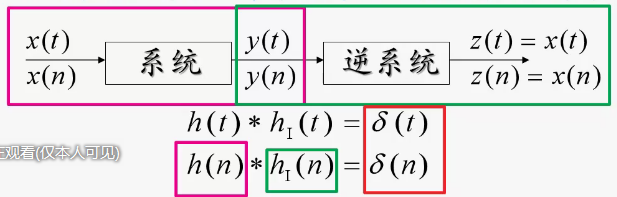
**即时/动态系统**：即时（输出仅取决于当前输入）/动态

即时系统冲击/脉冲响应：加权的单位冲击/脉冲函数（反之成立）



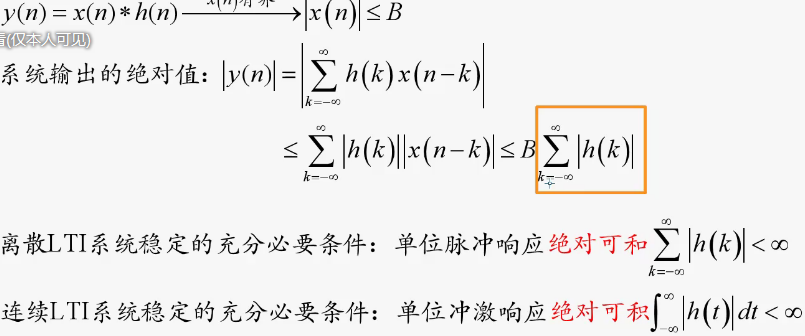
**可逆性**：存在逆系统级联成恒等系统（**寻找hI(t)证明可逆**）

例：u(n)与



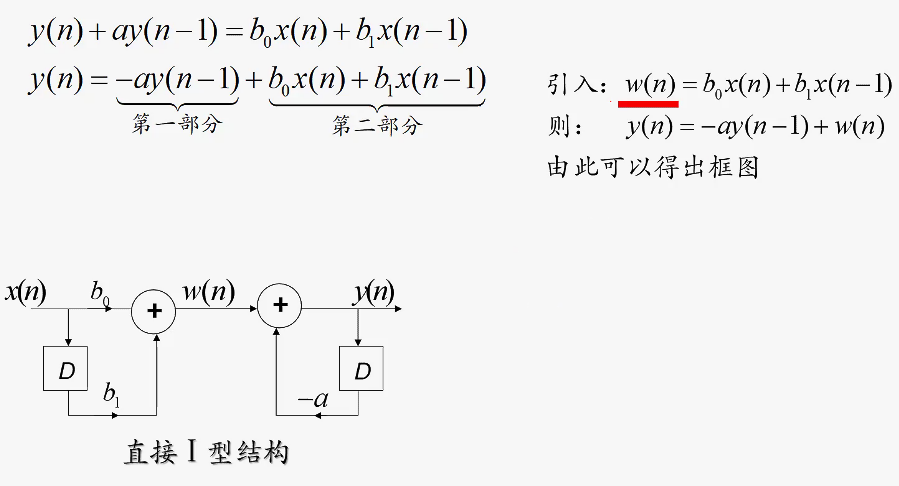
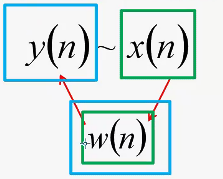
**因果性**：无输入无输出（n<0, h(n)=0 限制积分/求和范围）

**稳定性**：输入有界输出有界（**绝对可和/积**）

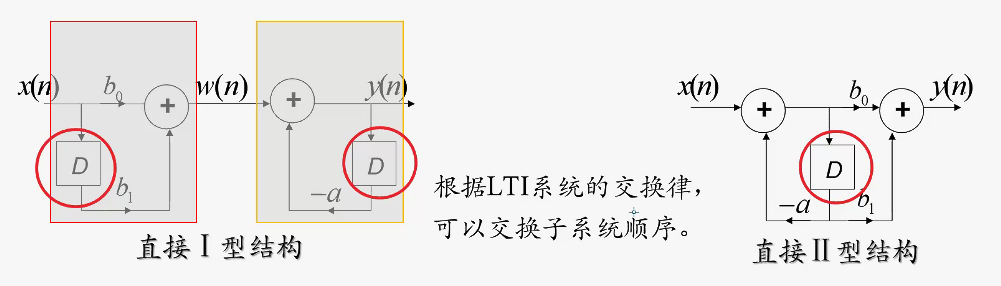


离散系统框图表示：

**分解法**：**引入桥接w(n)**，x(n)为w(n)输入（**降序**）



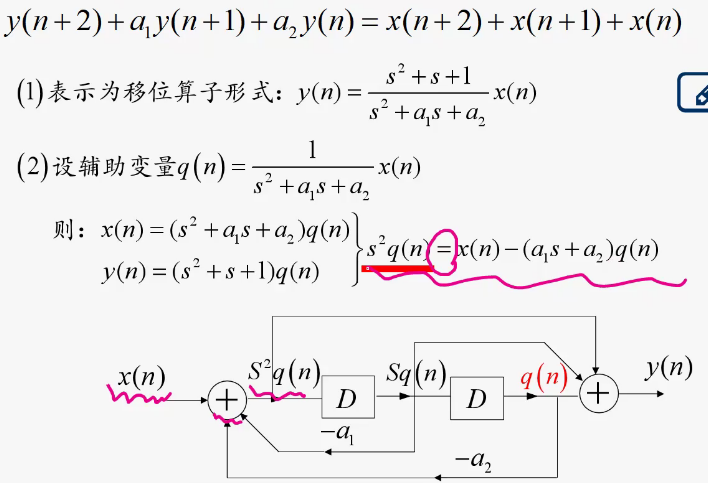
LTI系统交换顺序简化：



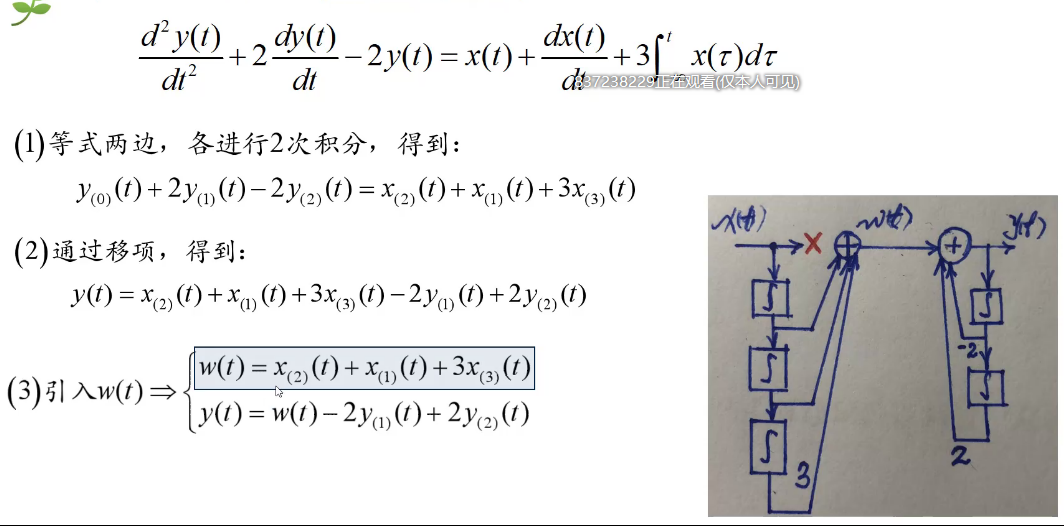
**移位算子计算**：x(n)为输入在右侧，y(n)为输出在左侧，S对应移序器D（**增序**）

提取S最高项，对应往右移序

解决q(n)组合成y(n)

（直接二型）

连续：电路积分易实现（积分器），将微分变积分



**微分算子计算**：直接二型（全部变为微分）