**信号处理导论**：

概念：消息（message）、信息（signal）、信号（information信息的载体）

时域（连续/离散信号），频域

激励（输入信号）——系统——响应（输出信号）

通信系统：信息源->发送->信道（**噪声**）->接收->受信者

***信号***

描述：信息的物理体现，按物理属性分为：电,非电信号

分类：确定/随机，连续/离散，周期/非周期，能量/功率，一维/多维信号

确定：可用确定**时间函数**表示

随机：取值具有不确定性

伪随机：按照严格规律产生的随机信号

连续：连续时间范围内有定义的信号（t为连续时间变量）

离散：仅在一些离散瞬间才有定义的信号（k为离散时间序列 等间隔）

模拟信号（时幅连续）-抽样-抽样信号（时间离散）-量化-数字信号（时幅离散）

**周期信号**：f(t)=f(t+ m T) )，m = 0,±1,±2,…（T为信号周期，抽样信号的间隔与周期的比为有理数）

连续周期信号和：T1/T2为有理数，取最小公倍数

能量信号：f(t)的能量有界P=0 功率信号：f(t)的功率有界E->∞

一维/多维：描述信号的自变量数

指数信号：对时间的微，积分仍为指数形式

Sampling Signal：f(t)=sin(t)/t抽样信号

**先平移，后反转和展缩 逆运算反之**

奇异信号：函数本身或其导数有不连续点的信号

**阶跃函数**：

可表示锯齿型信号（累加），可对信号进行截取（与被截相乘）

延迟单位：将阶跃函数平移

阶跃函数-∞~0的积分=t δ(t)

**冲击函数**（狄拉克）：

高度无穷大，宽度无穷小，对称窄脉冲

取样性：

**冲击偶**：冲击函数的一阶导数 (奇函数)

复合函数形式冲击函数：

δ[f(t)]且f(t)=0有n个**互不相等**的实根

f(t) 0时δ[f(t)]=0，f(t)=0时δ[f(t)]=1

单位冲击序列：δ(k) k=0时为1 k≠0时为0

单位阶跃序列：ε(k)=0（k<0） ε(k)=1（k>0）（离散点集）

***系统：特定功能的总体***

连续(**t**)，离散(**k**)，混合系统（系统激励一个是连续，一个是离散信号）

动态（记忆，**内部激励**{f()}，**初始状态**{x(0)}）

单/多 输入输出

线性：输出、输入序列均为一次关系项（**齐次性，可加性**/可分解，零状态，零输入性）

时不变：输入时间加减td，输出仅相应平移td f(t-td)->y(t-td)（出现变系数或反转展缩则为时变）

Linear Time-Invariant线性时不变：f(t)->y(t)微分与积分相等

因果系统：输出晚于输入t<t0，f(t)=0有yzs(t)=0（t=0时输入信号为因果信号）

稳定系统：**有界输入输出** |f(t)|, |y(t)|<∞

系统描述：

数学模型：物理特性数学抽象

**框图模型**：功能的形象表示

**连续**系统描述：**微分**方程 **离散**系统描述：**差分**方程（y(k)-(1+ β )y(k-1) = f(k)）

通过框图，消去中间变量，得到输入输出关系

系统分析方法：外部法（时域分析，变换域法（连续，离散）），内部法

零输入，零状态响应分开，多个基本信号作用于线性系统等效于各个基本信号引起响应之和

***连续系统时域分析****：*

LT1：时域分析（涉及函数变量均为时间t 微分方程：全解=齐次解+特解）

**齐次解**激励函数无关：**自有响应**，

**特解**激励函数相关：**强迫响应**

：接入f(t)后的系统，：接入f(t)前系统状态

系数匹配法分析

零输入响应：

零状态响应：

冲激响应：δ(t)引起的**零状态响应**（f(t)=δ(t)求解响应方程，引入微分算子/）

阶跃响应：引起的零状态响应（因果）

**卷积积分：**

信号分解：任意信号可由无限个门函数拟合（门函数在门宽0时变为阶跃函数）

冲激函数与其它函数卷积为函数本身

**卷积积分**：（交换律）

卷积过程（**换元**，**反转平移**，**乘积**，**积分**）（直接取代t，选取简单函数进行反转平移，注意积分区间）

卷积性质：交换，结合，分配律

信号与冲激函数卷积=信号本身

信号与冲激函数的时延/冲激函数导数卷积=信号本身时延/求导

**阶跃函数乘积**：

卷积的微分=微分后卷积（等号左右微分算子可交换）

微分算子：

（）

系统并联：总系统冲激响应=各系统之和

系统级联：总系统冲激响应=各系统响应的卷积

时移特性：信号卷积**时移可换**

1. **定义式 (2) 图解法 (3) 积分性质**

**相关函数**：（f1,f2为实偶函数与卷积相同）

***离散系统时域分析：***

差分：前向（），**后向**（）

二阶差分：（进行n次差分）

零输入响应：齐次解（）（将代入求特征根与C）

零状态响应：齐次解+特解 / 卷积法（，求出齐次解与特解）

单位序列响应： 阶跃响应：

卷积和：将激励信号分为一系列冲激响应，相加得到系统零状态响应

（符合交换律）

图解法：换元，反转平移，乘积，求和

不进位乘法：序列卷积使用大乘法，前后为0（非零个数）

交换律，分配率，结合律

***傅里叶变换与频域分析：***

将任意输入信号分解为不同频率正弦信号与虚指数信号和

矢量正交：

内两个信号正交：

正交函数集：，（区间()）

完备正交函数集：不存在集合之外正交函数（，）

信号分解：用n个正交函数线性组合近似表示

均方误差：（f(t)与近似函数间误差）

**（方向）**

帕斯瓦尔能量：（总能量=方向\*分能量之和）

**傅里叶级数**：（）

**傅里叶系数**：，

其它形式：（，）

**周期信号**可分解为：（为基波）

指数形式： 复傅里叶系数：

**偶函数： 奇函数：**

周期信号平均功率：

**频谱：幅值，相位随频率变化关系**

周期信号频谱：谐波（离散）性，收敛性。

频带宽度：（第一个零点）

零点之间谐波数：（T无限大，周期信号离散谱过度到非周期信号连续谱）

傅里叶正反变换：（频谱密度原函数）

频谱密度：

使用单边/双边指数函数逼近，对不满足绝对可积的函数进行变换

Tips：，（符号函数）

，

**傅里叶变换性质**：

非周期信号频谱函数：（分解为虚指数函数和）

线性：

偶实奇虚：

对称性：（t->ω, ω->-ω）

尺度变换：（）

时移特性：，

频移特性：，

调制：将信号频谱搬移至高频段，方便信号发送（接收搜索范围广）

卷积定理：，

微积分：

时域：，

频域：，

相关定理：

**能量功率谱：**

能量谱：单位信号频率能量，

功率谱：单位频率信号功率，

，（相关函数与能量/功率谱均为傅里叶变换）

，（能量功率的激励与响应关系）

**周期信号傅里叶变换：**

周期信号可由复指数信号组成，复指数信号的频谱为冲激函数

，

傅里叶系数为傅里叶变换的1/T，

LT1系统：（也可由时域卷积定理得出）

求系统输出时，转到时域算乘积再反变换得到输出

无失真传输：输入与输出信号仅**幅度**和**出现顺序**变化，波形不变

频响函数：

理想条件：

滤波器：选择函数，仅保留相应频段信息

理想低通：冲激（不可实现的非因果 ），阶跃（ 为系统延时）

物理可实现条件：时域（响应在激励以后 ），频域（平方绝对可积）

**取样定理：**

CFS连续周期 CTFT连续非周期

DFS 离散周期 DTFT离散非周期

取样：利用**取样脉冲序列**s(t)，从连续信号抽取离散样本值

冲激信号取样：，频谱不发生混叠，便于信号恢复（奈奎斯特 ）

信号恢复：低通滤波（原信号<截止频率<取样频率）

**序列分析：**

离散傅里叶级数展开：

**DFT**：时域频域均为离散有限长序列（0~ N-1）

性质：线性，对称性（，时移（周期延拓后反转），时域循环（），频域循环（），巴塞瓦尔（在频率带限内，功率谱与能量正比）

***连续系统s域分析：***

连续时间系统傅里叶变换拓展到复频域s=a+（增加实常数）

（上0零点，下0极点）