# 信号与系统

1. 信号与系统
   1. 课程核心
      1. 围绕三个基本问题
         1. 基本信号及其基本响应
         2. 任意信号的分解
         3. LTI系统分析
      2. 数学工具
         1. 卷积积分与卷积和
         2. 傅里叶变换
         3. 拉普拉斯变换
         4. Z变换
         5. 小波变换
   2. 信号的基本概念和分类
      1. 确定信号与随机信号 Stochastisches Signal
         1. 确定信号：可用确定时间函数表示的信号
         2. 随机信号：信号不能用确切的函数描述，只可能知道它的统计特性比如概率，例如：电子系统中的起伏热噪声、雷电干扰信号。严格来讲实际生活中由于或多或少存在的噪声干扰给信号带来的失真，所有的信号都是随机信号
      2. 连续信号和离散信号 Kontinuierliches Signal & Zeitdiskretes Signal
         1. 连续时间信号：连续时间范围内有定义的信号，简称连续信号；若其函数值也连续，常称为模拟信号
         2. 离散时间信号：仅在一些离散的瞬间才有定义的信号，简称离散信号；当取值为规定数值时，常称为数字信号。等间隔的离散信号可表示为或，这种等间隔的离散信号常称为序列
         3. 转换
            1. 连续信号采样变离散信号 Abtastung
            2. 离散信号变连续信号

零阶保持图表

描述已自动生成

分段线性图表

描述已自动生成

* + 1. 周期信号和非周期信号 Periodisches Signal
       1. 周期信号是指每隔一段时间T（或整数N），按相同规律重复变化的信号
       2. 连续信号的周期：两个周期信号的周期之比若为有理数，则周期信号之后仍为周期信号且周期为的最小公倍数
       3. 离散信号的周期
    2. 实信号和复信号 Reelles Signal & komplexes Signal
    3. 能量信号和功率信号 Energiesignal & Leistungssignal
       1. 连续信号
          1. 能量有限信号 信号的能量，简称能量信号，此时。如单个脉冲信号
          2. 功率有限信号 信号的功率，简称功率信号，此时。如直流信号、周期信号、阶跃信号等
       2. 离散信号
          1. 能量信号
          2. 功率信号
    4. 因果信号和反因果信号 Kausales Signal
       1. 因果信号
       2. 反因果信号
  1. 信号的运算
     1. 加减乘运算：同一时刻两信号之值对应加减乘
     2. 反转： 黑色的钟表

        中度可信度描述已自动生成
     3. 平移： 有钟表的天线

        低可信度描述已自动生成
     4. 尺度变化： ，压缩，展开手机屏幕截图

        中度可信度描述已自动生成
     5. 建议采取先平移再尺度变换再反转
  2. 基本信号：阶跃函数和冲激函数 Treppenfunktion & Impuls/Stoßfunktion
     1. 阶跃函数
        1. 定义：阶跃函数和冲激函数不同于普通函数，称为奇异函数，描述的是某些物理量在空间或时间坐标上集中于一点的物理现象。只管上来看，阶跃函数是序列的极限黑色的钟表

           中度可信度描述已自动生成
        2. 性质
           1. 表示分段常量信号 墙上的钟表

              中度可信度描述已自动生成
           2. 表示信号的作用区间图示

              描述已自动生成
           3. 积分
     2. 冲激函数/狄拉克函数/Δ函数
        1. 定义：单位冲激函数是奇异函数，它是对强度极大，作用时间极短的物理量的理想化模型。高度无穷大，宽度无穷小，面积（强度）为1的对称窄脉冲。
        2. 冲激函数和阶跃函数的关系 墙上的钟表

           中度可信度描述已自动生成序列中有效段的导数为面积/强度，有效段宽度取极限时在变成在时突然产生跳变，即的极限为阶跃函数；而在取极限时则变成冲激函数
        3. 作用：冲激函数可以描述间断点的导数手机屏幕的截图

           描述已自动生成
        4. 冲激函数的广义函数定义
           1. 普通函数：是将一维实数空间的数t经过f所规定的运算映射为一维实数空间的数y
           2. 广义函数 Verallgemeinertefunktion ：选择一类性能良好的函数作为检验函数（相当于自变量），一个广义函数对检验函数空间中的每个函数赋予一个数值N的映射，记为 表格

              描述已自动生成
           3. 冲激函数的广义函数定义：

含义：冲激函数作用于检验函数种筛选出函数值的广义函数就称为冲激函数

例子：是一种现实生活中不存在的理想信号，需要用下面的满足冲激函数定义的信号代替

高斯（钟形）函数 图表, 折线图

描述已自动生成

取样函数

* + - 1. 冲激函数的取样性质（积分区间要包含冲激所在时刻t）
         1. 信号与冲激函数的乘积及其积分
         2. 信号与冲激函数时移的乘积及其积分
      2. 冲激函数的导数
         1. 冲激偶的定义

广义函数定义

* + - * 1. 推广到n阶导
      1. 冲激函数的尺度变化
         1. 推广

* + - 1. 单位脉冲序列与单位阶跃序列
         1. 单位脉冲序列

卡通人物

中度可信度描述已自动生成

取样性质

* + - * 1. 单位阶跃序列 图片包含 游戏机, 物体, 钟表

           描述已自动生成
        2. 与的关系 ;
  1. 系统的概念及分类 System
     1. 概念
        1. 定义：系统是指若干相互关联的事物组合而成具有特定功能的整体。其基本作用是对输入信号进行加工和处理，将其转换为所需要的输出信号
        2. 模型
           1. 系统模型 图示

              描述已自动生成
           2. 集总参数系统 Lumped element System
           3. 分布参数系统
        3. 状态
     2. 系统的框图表示
        1. 已知描述系统的框图，列写微分方程或差分方程
           1. 若有两个及以上的加法器，需要设中间变量，取最右端积分器的输出为
           2. 写出各加法器输出信号的方程
           3. 消去中间变量
        2. 已知描述系统的微分方程或差分方程，画出框图
     3. 分类
        1. 系统的激励与响应之间的关系为。而动态系统的响应还与初始状态有关，即其完全响应为
        2. 线性与非线性系统：线性系统的响应是与单独作用的和，因此线性系统的响应要可以拆解为零输入响应和零状态响应
        3. 时变与时不变系统：系统的零状态响应的形式与输入信号的接入时间无关
        4. 因果与非因果系统
  2. 系统的分析方法
     1. 输入输出法（外部法）
        1. 时域分析
        2. 变换域法
           1. 连续系统

频域法

复频域法

* + - * 1. 离散系统

频域法

Z域法

* + 1. 状态变量法（内部法）
    2. 小波分析

1. 连续系统的时域分析
   1. LTI连续系统的响应 Antwort des linearen, zeitinvarianten Systems (LZI-System)
      1. 系统的初始值
         1. 初始值是n阶系统在时接入激励，其响应在时刻的值，即
         2. 初始状态是指系统在激励尚未接入的时刻的响应值，该值反映了系统的历史情况，而与激励无关
      2. 系统全响应=零输入响应+零状态响应
      3. 零输入响应：设右端输入为0
         1. 初始值的确定：
         2. 求解步骤
            1. 设定齐次解
            2. 代入各阶初始值，求待定系数
      4. 零状态响应
         1. 初始值的确定
            1. 由系数匹配法，从求得

右端激励的最高阶对应左端输出的最高阶

设待定系数直到

* + - * 1. 先求，再求，即零状态响应等于全响应减去零输入响应
      1. 求解步骤
         1. 设定齐次解
         2. 设定特解，代入方程求解（若有阶跃函数，则直接设特解（p为常数，通过系数相等求解），若为冲激函数及其各阶导则为0）
         3. 冲激函数系数匹配法求出跳变量
         4. 利用跳变量，求齐次解待定系数
  1. 冲激响应与阶跃响应 Impulsantwort/Stoßantwort & Sprungantwort
     1. 响应分类
        1. 固有响应和强迫响应
        2. 暂态响应和稳态响应
     2. 冲激响应
        1. 定义：冲激响应是由单位冲激函数所引起的零状态响应，记作
        2. 隐含条件
        3. 求法
     3. 阶跃响应
        1. 定义：阶跃响应是由单位阶跃函数所引起的零状态响应，记作
        2. 隐含条件
        3. 求法
           1. 利用线性性质和微分性质
           2. 利用单位阶跃函数与单位冲激函数的关系
  2. 卷积积分与零状态响应 Faltung
     1. 信号的时域分解、任意激励下的零状态响应
        1. 手机屏幕的截图

           描述已自动生成：用门函数来表示：
        2. 图示

           中度可信度描述已自动生成：任意信号用门函数脉冲波序列分解表示
           1. 0号脉冲高度，宽度为，用表示为
           2. 1号脉冲高度，宽度为，用表示为
           3. -1号脉冲高度，，宽度为，用表示为
           4. 离散求和：
           5. 连续取极限：：微观上看，其意义为任意信号可被分解为无数冲激函数之和
        3. 图示

           描述已自动生成 从该图中信号对系统的零状态响应为，以及由LTI系统的线性性质及时不变性质可得任意激励信号对LTI系统的零状态响应为
        4. 通过卷积求LTI系统任意激励信号产生的零状态响应的思路总结：
           1. 信号与系统的核心任务是求解LTI系统对输入信号（激励）的全响应，全响应由零状态响应和零输入响应组成。零输入响应易得，该响应由系统的特征方程的特征根得到，但零状态响应不易求，这个特解是根据输入信号变化而变化的，求特征方程的特解不容易，卷积求零状态响应容易
           2. ：即任意激励信号可以被分解为无数冲激信号之和
           3. 由LTI系统的线性性质及时不变性质可得任意激励信号对LTI系统的零状态响应为。由此就将问题转换了先求冲激响应（用冲激函数系数匹配法求解）再求与的问题
     2. 卷积公式：：积分在虚设变量下进行，为积分变量，t为参变量，结果仍为t的函数
     3. 卷积的物理意义
        1. 离散卷积：信号分析：某时刻激励信号对系统的影响是需要叠加过去时间激励信号对系统的影响的，因此卷积就是用来计算某个时间输入的激励信号对系统的总影响
           1. 输入信号建模图表, 散点图

              描述已自动生成
           2. 系统响应（系统对激励的反应）建模，在这个例子里可以看到当信号刚输入时响应最大，经过10个单位后，信号对系统的影响基本已经结束了图表, 散点图

              描述已自动生成
           3. 计算某个时刻的系统总相应：系统对激励的响应是和历史状态有关的，对于LTI系统而言这是一种纯线性叠加态，那么在计算时刻的响应时，只需要叠加前10个时刻的激励和响应即

图片包含 图表

描述已自动生成

翻折g 图片包含 图形用户界面

描述已自动生成

向右平移g，可以得到卷积公式图表

描述已自动生成

* + - 1. 连续卷积：馒头的腐败量
      2. 卷积在图像处理中的应用
         1. 为什么不使用互相关而是用卷积？
         2. 在对图像进行处理时，从计算上看需要用一个宽度的卷积核对一个像素周围的像素进行操作，这和信号系统中计算某一时候激励对系统产生响应时要考虑过去状态是一样的
      3. 卷积在卷积神经网络中的应用：实际上CNN中的卷积操作是一种互相关计算，卷积核不需要翻转。之所以叫做卷积的原因在于1、CNN中的卷积核模板是通过网络学习到的，是否翻转不重要 2、卷积核相当于是一个信号处理系统，输入图像激励得到的响应是一种特征提取的过程，以便于后期进行图像分类、目标检测等任务；而互相关操作是具有实际物理意义的，即两种信号的相似度，这与特征提取这一信号处理任务的目标不同
    1. 卷积积分的图解法
       1. 图解法重在概念解释，一般适用于简单图形
       2. 求某一时刻卷积值时比较方便
       3. 确定积分的上下限是关键
  1. 卷积积分的性质
     1. 卷积积分的代数性质
        1. 卷积运算是线性的，因此其满足交换律、分配律、结合律
        2. 复合系统的冲激响应
           1. 并联图示, 示意图

              描述已自动生成
           2. 级联图示

              描述已自动生成
     2. 奇异函数的卷积特性
        1. 冲激函数：由卷积信号的采样性质和卷积运算的交换律可以得到
           1. 意义：任意激励与冲激函数的卷积即为自身
           2. 推广：任何信号与冲激函数的卷积作用都是延迟相应时间t后移植该信号，可用于产生梳状函数
        2. 冲激偶:
        3. 阶跃函数
     3. 卷积的微积分性质
     4. 常用的卷积重要公式
  2. 相关函数
     1. 互相关和自相关函数的定义
        1. 互相关：比较某信号与另一延时的信号之间的相似度，需要引入相关函数的概念 。从计算上看是将一个信号向延迟的信号投影，投影结果越大，夹角越小，则方向越一致，相似度越高
        2. 自相关：比较统一信号不同时间段的相似度
     2. 相关与卷积的比较：卷积开始时需要将反折为，而相关运算则不需反折，仍为。其他的移位、相乘和积分的运算方法相同
     3. 互相关的应用
        1. 雷达回波分析
        2. 图像应用：模板匹配
  3. 信号产生
     1. 信号分类
        1. 按照用途
           1. 通用型
           2. 专用型
        2. 按照输出波形
           1. 正弦波形发生器
           2. 脉冲信号发生器
           3. 函数发生器
           4. 任意波形发生器
        3. 按照产生频率的方法
           1. 谐振法：用具有频率选择性的回路来产生正弦振荡，获得所需频率
           2. 合成法：从一个或多个高稳定和准确的参考频率源，经过技术处理，生成大量离散的频率输出。基于频率合成原理制成的信号发生器，可以获得很高的频率稳定度和精确度

非相关合成方法

相关合成方法

直接式频率合成技术

锁相环频率技术

直接数字频率合成技术

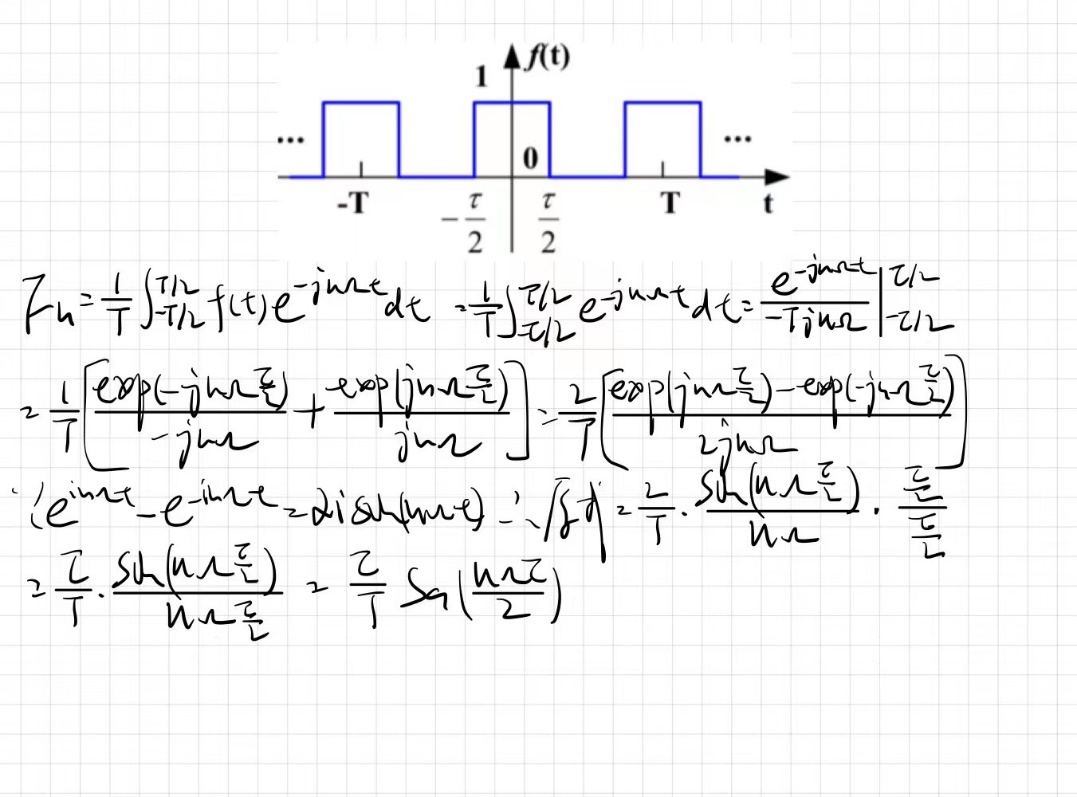
* + 1. Phase Locked Loop PLL锁相环
    2. Direct Digital frequecy Synthesis DDS 直接数字频率合成器
       1. DDS原理
       2. DDS vs PLL
    3. 用梳状函数Dirac-comb卷积产生周期信号
       1. 梳状函数 图示, 工程绘图

          描述已自动生成
       2. 当时，中每个周期内的波形与相同；当时，各相邻脉冲之间将会出现重叠，将无法使波形在中的每个周期中重现
    4. 矩形脉冲的卷积产生三角形和梯形脉冲
       1. 三角波：两个宽度相同的门函数进行卷积
       2. 梯形波：两个宽度不同的门函数进行卷积
  1. 连续系统的微分算子描述
     1. 微分算子P的定义
     2. 微分算子的性质
     3. 传输算子
     4. RLC微分算子模型及算子方程建立
     5. 算子法求连续系统的冲激响应

1. 离散系统的时域分析 Zeitreihenanalyse
   1. 差分方程的建立及经典解法 Differenzgleichung
   2. 基本信号与基本响应
      1. 离散信号表示
         1. 图形表示图表

            描述已自动生成
         2. 解析表示
         3. 集合表示
      2. 单位脉冲序列
      3. 单位阶跃序列
      4. 单位脉冲响应的定义和求解
      5. 单位阶跃响应的定义和求解
      6. 单位阶跃响应与单位脉冲响应之间的关系
   3. 零状态响应和卷积和
   4. 反卷积 Entfaltung
2. 傅里叶变换和系统的频域分析 Frenquenzanalyse/Fourieranalyse
   1. 信号的正交分解
      1. 正交复函数集
         1. 三角函数集
         2. 复指数正交集
         3. Walsh函数集
      2. 信号分解为正交函数：将展开为n个正交函数的线性组合
         1. 令近似均方误差
         2. 令得到Parseval方程
            1. 物理意义：在区间，信号所含有的能量恒等于此信号在完备正交函数集中各正交分量能量之和，即能量守恒定理
            2. 数学本质：矢量空间信号正交变换的范数不变性
         3. 当正交函数集为复函数集时，可确定系数为
   2. 用三角函数正交集和复函数正交集得到傅里叶级数
      1. 三角形式：设周期信号，在满足Dirichlet条件时可展开为三角形形式的傅里叶级数
         1. ，傅里叶系数
            1. 称为直流分量
            2. 称为余弦分量系数
            3. 称为正弦分量系数
         2. Dirichlet条件
         3. 余弦形式的傅里叶级数 在合并n次正余弦分量后得到，其中
            1. 称为直流分量
            2. 称为基波或一次谐波；称为二次谐波…
         4. 吉布斯现象：用有限项傅里叶级数表示有间断点的信号时，在间断点附近不可避免的会出现振荡和超调量。超调量的幅度不会随所取项数的增加而减小，只是随着项数的增多，振荡频率变高，并向间断点处压缩，从而使它所占有的能量减少；当选取的项数很大时，该超调量趋于一个常数，大约等于总跳变值的9%，并从间断点开始以起伏振荡的形式逐渐衰减下去电脑屏幕的照片上有文字

            低可信度描述已自动生成
      2. 周期信号波形对称性和谐波特性
         1. 为偶函数 ，展开为余弦函数
         2. 为奇函数 ，展开为正弦函数
         3. 为奇谐函数 ，其傅里叶级数中只含奇次谐波分量，而不含偶次谐波分量
         4. 为偶谐函数
      3. 根据可以得到指数形式的傅里叶级数 复傅里叶系数
      4. 用欧拉方程推导两种傅里叶级数展开形式的关系
   3. 周期信号的频谱
      1. 单边谱和双边谱的关系图示

         描述已自动生成
         1. 三角形傅里叶级数对应的频谱为单边谱，而复数傅里叶级数对应的频谱为双边谱
         2. 双边幅度谱的谱线高度为单边幅度谱的高度的一半，且为偶函数，关于y轴对称，但直流分量不变（两边叠加）
         3. 双边相位谱可以由单边相位谱直接关于零点奇对称
      2. 周期信号频谱的特点：以周期矩形脉冲为例
         1. 幅度为1，脉冲宽度为的周期矩形脉冲，周期为T，求频谱
            1. 以为例画图，确定基频
            2. 零点为
            3. 两零点间谱线间隔数
            4. 频谱函数为Sampling function 取样函数图表, 直方图

               描述已自动生成
         2. 特点
            1. 离散性：以基频为间隔的若干离散谱线组成
            2. 谐波性：谱线仅含有基频的整数倍分量
            3. 收敛性：整体趋势减小
         3. 谱线结构与波形参数的关系
            1. T不变，变小图表, 直方图

               描述已自动生成

谱线间隔不变

幅度下降

零点右移，两零点间的谱线数目增加

总结：时域压缩，频域展宽

* + - * 1. 不变，T变大图示, 直方图

           描述已自动生成

幅度下降，谱线间隔减小，频谱变密

时，谱线间隔，谱线幅度，周期信号的离散频谱过渡为非周期信号的连续频谱

* + - 1. 收敛性分析
         1. 振幅是收敛的：信号的能量主要集中在低频分量中
         2. 收敛具有不同速度：信号连续光滑，幅度谱快速衰减
    1. 周期信号的功率：
       1. 周期信号平均功率=直流和谐波分量平均功率之和；对于周期信号，在时域中求得的的信号功率与在频率中求得的信号功率相等
       2. 图示, 直方图

          描述已自动生成
          1. 第一个零点内集中了信号绝大部分能量（平均功率），由频谱的收敛性可知，信号的功率集中在低频段。计算可得
          2. 一般把第一个零点作为信号的频带宽度
    2. 应用案例：DA转换
  1. 非周期信号的傅里叶变换
     1. 非周期信号的频谱-频谱密度函数 表示单位频率上的频谱，之所以用密度来表示是因为时，频谱之间的间隔无穷小，以及幅度也无穷小，必须要将周期除掉才能看到幅度
     2. 变换对：（频域）（时域）

|  |  |
| --- | --- |
| T域 | 域 |
|  | 1 |
| 1 |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

* + 1. 常用函数的傅里叶变换
       1. 单边指数函数
          1. 幅度频谱图示

             描述已自动生成
          2. 相位频谱手机屏幕截图

             中度可信度描述已自动生成
       2. 双边指数函数 形状

          描述已自动生成 图示, 形状

          描述已自动生成
       3. 门函数

          2. 频谱图图表, 折线图

             描述已自动生成
          3. 幅度频谱图表, 折线图

             描述已自动生成
          4. 相位频谱图示, 示意图

             描述已自动生成
       4. 冲激函数
          1. 根据冲激函数的采样性可得 绿色的钟表

             中度可信度描述已自动生成即冲激函数中包含了从无穷小到无穷大的所有频率，因此这种函数只能是一种模型，不可能被实现
          2. 图示

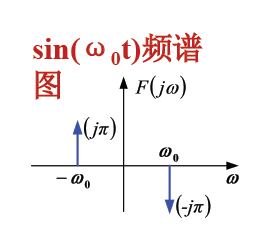
             描述已自动生成将门函数时，门函数逼近冲激函数相当于门函数的频谱图被拉长，第一个零点在无穷远
       5. 常数1：可以看作是当时的极限，可以得到
       6. 符号函数
       7. 阶跃函数 ，根据傅里叶变换的线性性质
  1. 傅立叶变换的性质：在某一域中对函数进行某种运算，在另一域中所引起的效应
     1. 线性性质
     2. 奇偶性
        1. 若，则
        2. 证明
        3. 时间函数与其频谱的奇偶虚实关系
           1. 为实函数

为实偶函数，为实偶函数

为实奇函数，为虚奇函数

* + - * 1. 为虚函数
    1. （共轭）对称性：若，则
    2. 尺度变换特性：若，则
       1. 时域扩展，频带压缩
       2. 时域压缩，频带扩展
    3. 时移特性
       1. 若，则
       2. 若则
       3. 尺度特性+时移特性
    4. 频移特性/调制特性：若，则
       1. 频移特性的实质是频谱搬移，它是通信理论中信号调制与解调的理论基础。调制： 高频信号=调制信号\*载频信号图示

          描述已自动生成
       2. 用频移特性推导正余弦的傅里叶变换
          1. 求 ，根据时移特性可得
          2. 求 ，根据时移特性可得 图示

             描述已自动生成
          3. 求 ，根据时移特性可得 
       3. 载波调制求： ，根据时移特性可得 手机屏幕的截图

          描述已自动生成
    5. 卷积定理
       1. 时域卷积定理：若则
       2. 频域卷积定理：若则
    6. 时域微积分特性
       1. 时域微分：
       2. 时域积分：，其中
    7. 频域微积分特性
       1. 频域微分：
       2. 频域积分微分：
    8. 相关定理
       1. 若则
       2. 自相关函数：
  1. 能量谱和功率谱
     1. 能量谱
        1. 信号能量：时间区间上信号的能量
        2. 帕斯瓦尔方程
        3. 能量密度谱
           1. 为了表征能量在频域中的分布情况而定义的能量密度函数
           2. 能量有限信号的能量谱与自相关函数是一对傅里叶变换
     2. 功率谱
        1. 功率有限信号的功率谱与自相关函数时一对傅里叶变换，称为Wiener-Khintchine关系
     3. 白噪声功率谱密度的估计
  2. 周期信号的傅里叶变换：适用于周期信号（离散谱）和非周期信号（离散谱）的统一分析方法
     1. 周期信号的傅里叶变换
        1. 一般周期信号的傅里叶变换
           1. 指数形式的傅里叶级数；复傅里叶系数
           2. 结论

周期信号的频谱由冲激序列组成

位置：（谐波频率）

强度：（离散谱）

图示

描述已自动生成：傅里叶变换是傅里叶级数放大无穷大倍得到的频谱密度函数

* + - 1. 求周期为T的单位冲激函数的傅里叶变换：（冲激函数的取样性质） 周期为T的单位冲激函数序列的傅里叶变换是一个在频域中个周期为，强度为的冲激序列
      2. 求周期T=4的门函数的傅里叶变换图表, 图示

         描述已自动生成
         1. 任何信号与冲激函数的卷积作用都是移植该信号，将一个周期信号理解为一个基本信号与脉冲序列的卷积：
    1. 周期信号傅里叶级数与傅里叶变换的关系
       1. 公式1 傅里叶级数
       2. 公式2 非周期信号卷积拓展
       3. 两个公式的结果是一样的，可以得到周期信号傅里叶级数与傅里叶变换的关系：
  1. LTI系统的频域分析
     1. 思路和时域分析是一样的：1、求基本信号的响应；2、分解一般信号；3、求一般信号的响应
     2. 基本信号作用于LTI系统的响应
        1. 傅里叶分析是将任意信号分解为无穷多项不同频率的虚指数函数之和，周期信号可以分解为，其基本信号为；而非周期信号可以分解为，基本信号是，可以被包含在中，因此最后用基本信号表征
        2. 频域分析中，基本信号的定义域为，而总可认为系统的状态为0，因此本章的响应指的是零状态响应写作，若初始状态不在无穷远处将使用拉普拉斯变换解决
        3. 推导：设LTI系统的冲激响应为，当激励是角频率的基本信号时，其响应，根据卷积定义可得，定义的傅里叶变换称为系统的频率响应函数，其反应了响应的幅度和相位
     3. 一般信号作用于LTI系统的响应
        1. 可根据线性系统的齐次性和可加性合成一般信号
        2. 通过傅里叶变换可得求系统零状态响应的频域表达关系
     4. 傅里叶变换分析法
        1. 求输入信号的傅里叶变换
        2. 求系统函数
        3. 求零状态响应的傅里叶变换
        4. 求的傅里叶逆变换
     5. 傅里叶级数分析法：周期信号既可以用傅里叶变换分析也可以用傅里叶级数分析
        1. 傅里叶级数分析步骤
           1. 求周期输入信号的傅里叶系数
           2. 求系统频率响应
           3. 求零状态响应的傅里叶系数
           4. 求傅里叶级数展开式
        2. 若周期信号采用三角形傅里叶级数表示，则可推导出
     6. 频率响应函数
        1. 定义：系统零状态响应的傅里叶变换与激励的傅里叶变换之比，即
        2. 频率响应的求法
     7. 系统对信号的作用
        1. 系统对于信号的作用大体可分为两类：传输和滤波。传输要求信号尽量不失真，而滤波则要求尽量完整的滤去或削弱不需要的成分
        2. 无失真传输
           1. 定义：信号无失真传输时指系统的输出信号与输入信号相比，只有幅度的大小和出现时间的先后不同，而没有波形上的变化
           2. 条件

对的要求：

对的要求：，即要求

上述条件是信号无失真传输的理想，实际中不可能造出这种带宽无限大的器件，实际中只要在信号占有频带范围内满足条件就可以了

* + - 1. 理想低通滤波器
         1. 具有这种矩形幅频特性、线性相频特性的系统称为理想低通滤波器。称为截止角频率。其频率响应可写成

图表, 图示

描述已自动生成

图表

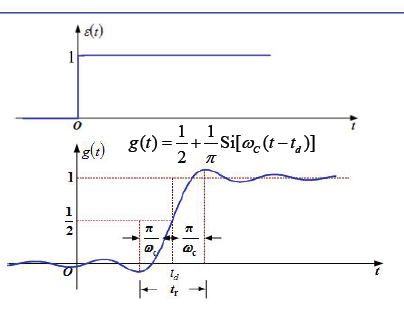
描述已自动生成

* + - * 1. 冲激响应

产生严重失真，因为信号频带无限宽，以外的所有频率被截止图表, 折线图

描述已自动生成

理想低通滤波器是物理不可实现的非因果系统

* + - * 1. 阶跃响应 

上升时间：输出由最小值到最大值所经历的时间 ，即阶跃响应的上升时间与滤波器带宽B成反比（若无穷大，则）

有明显失真，只要，则必有振荡，其过冲比稳态值高约9%，这一由频率截断效应引起的振荡现象称为吉布斯现象

* + 1. 物理可实现系统的条件
       1. 时域特性：满足因果条件
       2. 频域特性：满足必要条件Paley-Wiener Criterion 且，即要求有限频带内不能有零点，因为零的对数为无穷大
    2. 二次抑制载波振幅调制接收系统
  1. 滤波器
     1. 滤波器作用: 滤除不需要的频率段，保留需要的频率段图示

        描述已自动生成
     2. FIR Finite Impulse Response 有限长冲激响应滤波器：冲激响应在有限时间内衰减为0，其输出仅取决于当前和过去的输入信号值
        1. 图示, 示意图

           描述已自动生成
        2. 设计方法
           1. 窗函数设计法
           2. 频率抽样设计法
        3. 优缺点
           1. 优点

既具有严格的线性相位，又具有任意的幅度

FIR滤波器的频率响应极点都在零点上，因此滤波器的性能稳定

只要经过一定的延时，任何非因果有现场序列都能变成因果的有限长序列，因而能用因果系统来实现

单位冲激响应式有限长，因而可用FFT来实现过滤信号，可大大提高运算效率

* + - * 1. 缺点：不存在反馈，需要用更高的阶数达到相同的指标图示

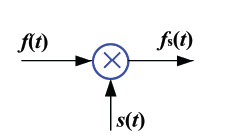
           描述已自动生成
    1. IIR Infinite Impulse Response 无限长冲激相应滤波器：冲激响应理论上应会无限持续，其输出不仅取决于当前和过去的输入信号值，也取决于过去的信号输出值（反馈）
       1. 图示, 示意图

          描述已自动生成
       2. 设计方法
          1. 模拟滤波器
          2. 脉冲应不变法
          3. 双线性变换法
       3. 优缺点
          1. 优点：有反馈，因此可以用比较少的阶数来达到指标。存储单元少，运算次数少
          2. 缺点

IIR滤波器频率响应的极点，可位于单位圆上的任何一个地方，因此有稳定性的问题

高效率式以线性相位为代价的。选择性越好，相位非线性越严重。若IIR要得到线性相位，又要满足滤波要求，必须加全通网络进行相位校正，这样会增加滤波器的阶数

必须采用递归结构，极点必须在单位圆内以达到稳定。而对于递归结构运算中的四舍五入处理，有时会引起寄生震荡

* 1. 取样定理：解决信号离散化过程中信息不丢失问题
     1. 取样定理论述了在一定条件下，一个连续信号完全可以用该信号在等时间间隔上的瞬时值（或称样本值）表示。这些样本值包含了该连续时间信号的全部信息，利用这些样本值可以恢复原信号
     2. 信号的采样
        1.  取样间隔，取样频率，取样信号频谱为。被采样信号必须是带限信号，即的频谱只在区间为有限值，其余区间为0
        2. 矩形脉冲取样：是周期为的矩形脉冲信号 图示

           描述已自动生成
        3. 冲激取样：是周期为的冲激函数序列图示

           低可信度描述已自动生成
        4. 需要设定 采样角频率至少要大于带限信号频率宽度，此时其频谱不发生重叠，因此利用低通滤波器从中提取出，即从中恢复原信号
     3. 时域取样定理
        1. 以冲激函数取样为例，从取样信号中恢复原信号图示, 工程绘图

           描述已自动生成
           1. 上式表示，连续信号可以展开成正交取样函数的无穷级数，该级数的系数为取样值。若在取样信号的每个样点处都画一个最大峰值为的Sa函数，则其合成波形就是原信号。因此只要已知各取样值，就能唯一地确定出原信号
        2. 取样定理：一个频谱在区间以外为0的频带有限信号，可唯一地尤其在均匀间隔上的样点值确定
        3. 最低允许取样频率称为Nyquist频率，最大允许取样间隔称为Nyquist间隔表格

           描述已自动生成
     4. 频域取样定理
     5. Matlab实现Sa信号的采样和恢复
     6. 数字录音系统
  2. 序列的傅里叶分析
  3. 离散傅里叶变换及其性质
     1. 连续变换到离散变换的演化
        1. 由FT演化出DTFT Discrete-Time Transform ，归一化取单位时间后得到
           1. 时域序列的长度仍然是无限长的
           2. 信号在频域仍然是连续的
        2. 演化出DFT Discrete Fourier Transform：对时限信号在频域内以为间隔对DFTF的变换结果进行频域取样，离散化输出的频率
        3. 演化出DFS Discrete Fourier Series
     2. 离散傅里叶变化（DFT）
     3. 离散傅里叶级数（DFS）
     4. 离散时间傅里叶变换（DTFT）
     5. 三种离散变换之间的关系

1. 连续系统的s域分析
   1. 拉普拉斯变换
      1. 傅里叶变换无法解决的问题
         1. 有些函数不满足绝对可积条件，不能求解傅里叶变换
         2. 假设观测时刻从开始，即零状态响应，求得的响应即为全相应，当如果只知道某一开始时刻的状态不能用
      2. 双边拉普拉斯变换的定义
         1. 用一个衰减因子乘信号，适当选取的值，使乘积信号
      3. 收敛域
      4. 单边拉氏变换的定义
      5. 单边拉氏变换与傅里叶变换的关系
      6. 常见信号的拉普拉斯变换
   2. 拉普拉斯变换的性质
      1. 线性、尺度变换
      2. 时移、复频移变换
      3. 时域和复频域的微积分特性
      4. 卷积定理
      5. 初值、终值定理
   3. 拉普拉斯逆变换
   4. 复频域分析
   5. 双边拉普拉斯变换
2. 离散系统的z域分析
   1. Z变换
   2. Z变换的性质
      1. 线性
      2. 移位特性
      3. K域反转（仅适用双边z变换）
      4. Z域尺度特性
      5. 微分特性
      6. 时域卷积
      7. 部分和
      8. 初值和终值定理
   3. 逆Z变换：幂级数展开和部分分式展开
   4. Z域分析
3. 系统函数
   1. 系统函数与系统特性
   2. 系统的因果性与稳定性
   3. 信号流图
   4. 系统的机构
4. 系统的状态变量分析
5. 小波分析