数字信号处理

知识点回顾

英文考卷、英文答题

内容回顾

- **1、信号**

信号
- 连续信号
  - 时域：信号分解为冲激信号的线性组合
  - 频域：信号分解为不同频率正弦信号的线性组合
  - 复频域：信号分解为不同频率复指数的线性组合

↓ 抽样

- 离散信号
  - 时域：信号分解为脉冲序列的线性组合
  - 频域：信号分解为不同频率序列的线性组合
  - z域：信号分解为不同频率复指数的线性组合

•2、系统

系统

连续系统

系统的描述：线性常系数微分方程，方框图，**h(t)**，**H(s)**，**H（ω）**

系统响应的求解

时域：$$y(t) = x(t) * h(t)$$

频域：$$Y(\omega) = X(\omega)H(\omega)$$

复频域：$$Y(s) = X(s)H(s)$$

离散系统

系统的描述：线性常系数差分方程，信号流图，**h(n)**，**H(z)**，H(Ω)

系统响应的求解

时域：$$y[k] = x[k] * h[k]$$

频域：$$Y(\Omega) = X(\Omega)H(\Omega)$$

复频域：$$Y(z) = X(z)H(z)$$

核心内容

两大LTI系统：连续时间系统、离散时间系统

（连续时间信号）、（离散时间信号）

三类分析：时域分析、频域分析和变换域分析

→分析信号、分析系统

三大变换：傅立叶变换、拉普拉斯变换和Z 变换

→信号的变换、系统的变换

核心内容

两大应用：采样、DFT（谱分析）、滤波器（IIR和FIR）

第一章 信号与系统

- 要求掌握的理论内容自查清单

1. 掌握基本信号时域描述方法（哪些常用信号、经典信号？表达式是什么？）；
2. 信号的分类（重点是周期性，会判断吗？连续信号的周期性判断、离散信号的周期性判断，不一样！）
3. 掌握信号的基本运算（哪些运算？会算吗？）；
4. 单位脉冲函数/序列。（会写表达式吗？有哪些性质？与单位阶跃函数函数u(t)/序列u[n]有啥关系？）
5. 掌握系统的描述方法（重点，各种描述方法间的互相转换）
6. 熟悉系统的基本特性（哪些性质？会判断吗？重点是线性、时不变性、因果性和稳定性）；

周期性判断示例

例：正弦序列 $\sin(\Omega_0 n)$ 的周期性：

当 $\Omega_0 N = 2\pi k$，k 为整数时，$\sin(\Omega_0 n + \Omega_0 N) = \sin(\Omega_0 n)$，即为周期性序列。周期 $N = \dfrac{2\pi k}{\Omega_0}$，式中，k、N 限取整数，且 k 的取值要保证 N 是最小的正整数。

可分几种情况讨论如下：（1）当 $\dfrac{2\pi}{\Omega_0}$ 为整数时，只要 k=1，$N = \dfrac{2\pi k}{\Omega_0}$ 就为最小正整数，即周期为 $\dfrac{2\pi}{\Omega_0}$。（2）当 $\dfrac{2\pi}{\Omega_0}$ 不是整数，而是一个有理数时，设 $\dfrac{2\pi}{\Omega_0} = \dfrac{P}{Q}$，式中，**P**、Q 是互为素数的整数（互为素数就是两个数没有公约数），取 k=Q，则 N=P，即周期为 P。（3）当 $\dfrac{2\pi}{\Omega_0}$ 是无理数时，则任何 k 皆不能使 N 为正整数，这时，正弦序列不是周期性的。

线性时不变系统判别举例：

例：判断下列系统是否为线性、时不变系统。（重点）

（1）$y(n)=x(n)+2x(n-1)+3x(n-2)$；

（2）$y(n)=x^2(n)$；

解：

（1）令：输入为 $x(n-n_0)$，输出为
$$y'(n)=x(n-n_0)+2x(n-n_0-1)+3x(n-n_0-2)$$
$$y(n-n_0)=x(n-n_0)+2x(n-n_0-1)+3x(n-n_0-2)=y'(n)$$

故该系统是时不变系统。

$$\begin{aligned}y(n)&=T[ax_1(n)+bx_2(n)]\\&=ax_1(n)+bx_2(n)+2(ax_1(n-1)+bx_2(n-1))+3(ax_1(n-2)+bx_2(n-2))\end{aligned}$$

$$T[ax_1(n)]=ax_1(n)+2ax_1(n-1)+3ax_1(n-2)$$

$$T[bx_2(n)]=bx_2(n)+2bx_2(n-1)+3bx_2(n-2)$$

$$T[ax_1(n)+bx_2(n)]=aT[x_1(n)]+bT[x_2(n)]$$

故该系统是线性系统。

（2）$y(n)=x^2(n)$　令：输入为 $x(n-n_0)$，输出为 $y'(n)=x^2(n-n_0)$，因为

$$y(n-n_0)=x^2(n-n_0)=y'(n)$$

故系统是时不变系统。又因为

$$\begin{aligned}T[ax_1(n)+bx_2(n)]&=(ax_1(n)+bx_2(n))^2\\&\neq aT[x_1(n)]+bT[x_2(n)]\\&=ax_1^2(n)+bx_2^2(n)\end{aligned}$$

因此系统是非线性系统。

系统因果、稳定性判别举例：

1)稳定系统：有界的输入产生的输出也有界的系统，即：若$|x(n)|<\infty$，则$|y(n)|<\infty$ **（记住!!）**

线性移不变系统是稳定系统的充要条件：$\sum_{n=-\infty}^{\infty}|h(n)|<\infty$**(系统稳定的充分必要条件是系统的单位脉冲响应绝对可和)（记住!!）**

或：**其系统函数 H(z)的收敛域包含单位圆 |z|=1（记住!!）**

2)因果系统：n_0时刻的输出$y(n_0)$只由n_0时刻之前的输入$x(n), n\le n_0$决定**（记住!!）**

线性移不变系统是因果系统的充要条件：$h(n)=0, n<0$ **（记住!!）因果系统的单位脉冲响应必然是因果序列。（记住!!）**

或：**其系统函数 H(z)的收敛域在某圆外部：即：|z|>Rx（记住!!）**

3）稳定因果系统：同时满足上述两个条件的系统。

线性移不变系统是因果稳定系统的**充要条件：**$\sum_{n=-\infty}^{\infty}|h(n)|<\infty$，$h(n)=0, n<0$ **（记住!!）**

或：**H(z)的极点在单位圆内** H(z)的收敛域满足：$|z|>R_{x-}, R_{x-}<1$ **（记住!!）**

例：判断线性时不变系统的因果性、稳定性，并给出依据。（重点）

$y(n)=\sum_{k=n-n_0}^{n+n_0}x(k)$；

如果$|x(n)|\le M$，$|y(n)|\le\sum_{k=n-n_0}^{n+n_0}|x(k)|\le|2n_0+1|M$，因此系统是稳定的。系统是非因果的，

因为输出还和 x(n)的将来值有关。

注意：如果给出的是 h(n)，用上面要求记住的充要条件判断！

1、可根据输入输出关系直接讨论

系统因果、稳定性判别举例（续）：

例：设某线性时不变系统的单位取样响应为 $h(n)=a^n u(n)$（a 为实数），分析系统的因果性和稳定性。（重点）

解：讨论因果性：

因为 $n<0$ 时，$h(n)=0$，所以该系统是因果系统。

讨论稳定性：

$$\because \sum_{n=-\infty}^{\infty}|h(n)|=\sum_{n=0}^{\infty}|a^n|=\sum_{n=0}^{\infty}|a|^n=\begin{cases}\dfrac{1}{1-|a|} & |a|<1\\ \infty & |a|\ge 1\end{cases}$$

$\therefore$ 当 $|a|<1$ 时，系统是稳定的；否则，系统不稳定。

2、可根据单位脉冲响应的性质分析

例：设某线性时不变系统的单位取样响应为 $h(n)=-a^n u(-n-1)$（a 为实数），分析系统的因果性和稳定性。（重点）

解：讨论因果性：

因为 $n<0$ 时，$h(n)\ne 0$，所以该系统是非因果系统。

讨论稳定性：

$$\because \sum_{n=-\infty}^{\infty}|h(n)|=\sum_{n=-\infty}^{-1}|a^n|=\sum_{n=1}^{\infty}|a|^{-n}=\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{1}{|a|}\right)^n=\begin{cases}\dfrac{1}{|a|-1} & |a|>1\\ \infty & |a|\le 1\end{cases}$$

$\therefore$ 当 $|a|>1$ 时，系统是稳定的；否则，系统不稳定。

3、可分析H（z）的极点、收敛域与单位圆的关系等

Sinc函数定义

1.在数字信号处理和通信理论中，归一化sinc函数通常定义为;

$Sinc(x)=\dfrac{\sin(\pi x)}{\pi x}$
sinc函数公式

2、数学域，一般采用$sinc(x)=\dfrac{\sin(x)}{x}$

两种定义皆可，考卷上若出现，会给出定义

第二章 线性时不变系统的时域方程表征

- 要求掌握的内容

1、线性时不变系统的表示方式一：常系数微分方程、差分方程

2、如何求解？（与其他章节联动）

□微分方程（1、经典常微分方程解法；2、拉式变换（第七章））

□差分方程（1、递推法；2、Z变换（第八章））

3、基于欧拉近似的将微分方程转换为差分方程

$$y''(t) \approx \frac{y'(nT+T) - y'(nT)}{T}$$

$$y'(t) \approx \frac{y(nT+T) - y(nT)}{T}$$

4、能看懂MATLAB方程在做啥即可（参考第三章作业）

第三章 卷积

- 要求掌握的内容
- 1、信号的时域分解思想（任意信号在时间域可以分解为单位脉冲信号/序列的组合）

如：任一信号x(n)可表示成单位脉冲序列的移位加权和：

$$x(n)=\cdots+x(-1)\delta(n+1)+x(0)\delta(n)+x(1)\delta(n-1)+\cdots$$

即：$x(n)=\sum_{m=-\infty}^{\infty}x(m)\delta(n-m)$

$$x(t)=\int_{-\infty}^{+\infty}x(\tau)\delta(t-\tau)d\tau$$

2、线性时不变系统的表示方式二：单位脉冲响应h(t),h[n]

3、离散线性时不变系统的输出响应y[n]=输入信号x[n]与单位脉冲响应h[n]的卷积和；掌握卷积和的计算方法、卷积和长度！与圆周卷积区别（第6章）

$$y[n]=\sum_{k=-\infty}^{+\infty}x[k]h[n-k]$$

4、连续线性时不变系统的输出响应y(t)=输入信号x(t)与单位脉冲响应h(t)的卷积积分；掌握卷积积分的计算方法，以及如何通过卷积和近似卷积积分（代码）

$$y(t)=\int_{-\infty}^{+\infty}x(\tau)h(t-\tau)d\tau \Leftarrow y(n)=\sum_{i=0}^{\infty}Th(i)x(n-i)$$

5、熟悉卷积的主要性质

6、线性时不变时间系统的因果稳定性与h(t)/h[n]的关系？（详见第一章总结中因果、稳定性判断举例）

7、看得懂代码：conv、如何算卷积积分（可参考课外教学内容）

卷积和运算举例（具体可以参考第三章ppt）

卷积的求解方法（重点）：

线性卷积是一种非常重要的一种运算，对它的求解，一般我们采用作图法。线性卷积满足交换律，设两序列长度分别是 **N 和 M**，线性卷积后序列的长度为 **N＋M－1**。

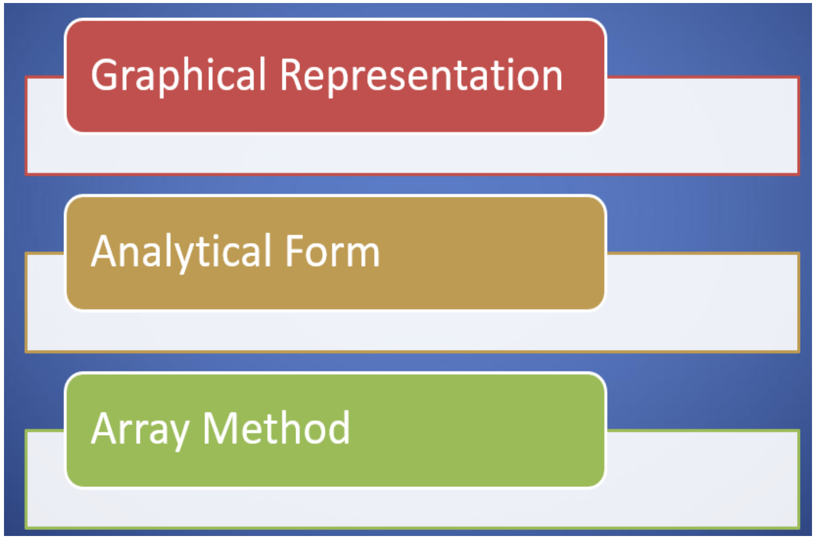
卷积的计算过程包括翻转、移位、相乘、相加四个过程。

1）将 $x(n)$ 和 $h(n)$ 用 $x(m)$ 和 $h(m)$ 表示，画出 $x(m)$ 和 $h(m)$ 这两个序列；

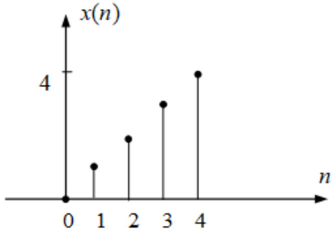
2）选择一个序列 $h(m)$，并将其按时间翻转形成序列 $h(-m)$；

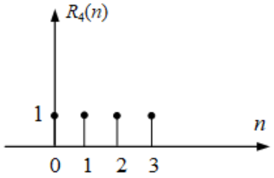
3）将 $h(-m)$ 移位 n，得到 $h(n-m)$；

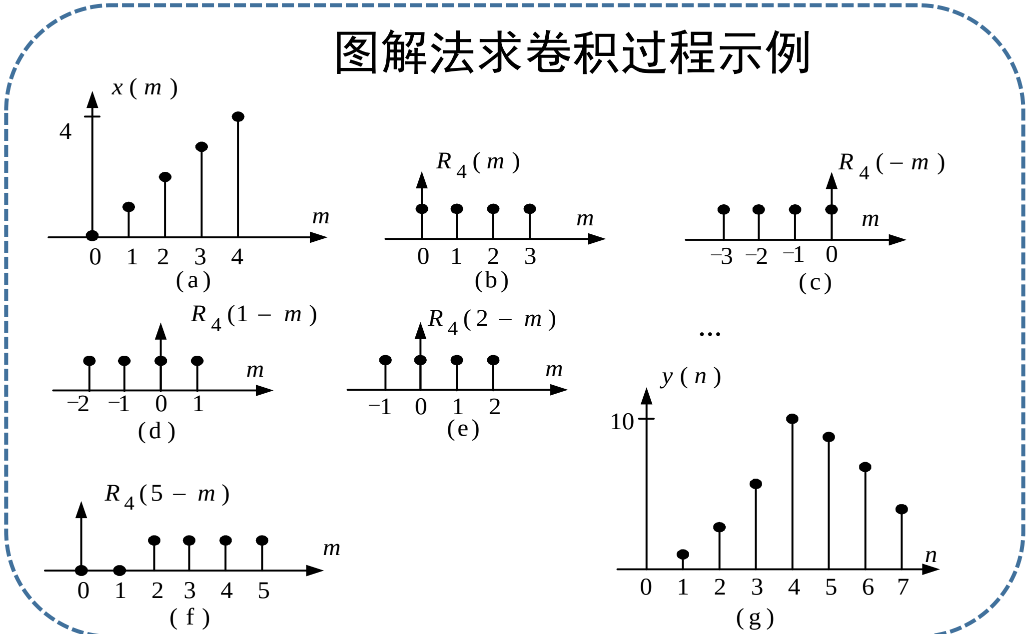
4）将 $x(m)$ 和 $h(n-m)$ 相同 m 的序列值对应相乘后，再相加。



例：设 $x(n)=n,\ 0\leqslant n\leqslant 4$，$h(n)=R_4(n)$，$x(n)$ 和 $h(n)$ 如图 1 所示。求 $x(n)$ 和 $h(n)$ 的卷积 $y(n)$。（重点）







卷积后长度L=L1+L2-1

第四章 连续时间信号的频域表示（重点）：傅里叶级数和傅里叶积分

- 要求掌握的内容

1.信号的频域分解思想：信号分解为不同频率正弦/余弦/复指数信号的线性组合

2. 掌握周期性连续信号的傅里叶级数展开（公式记住了？基波周期怎么算？基波频率怎么算？Ck怎么算？如果改写成三角函数式？）

$$x(t)=\sum_{k=-\infty}^{+\infty} c_k e^{jk\omega_0 t} \qquad c_k=\frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} x(t)e^{-jk\omega_0 t}dt=\frac{1}{T}\int_0^T x(t)e^{-jk\omega_0 t}dt, k=0,\pm1,\ldots$$

3. 掌握非周期性连续信号的傅里叶变换（公式记住了？X（ω）怎么算）

$$X(\omega)=\int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j\omega t}dt, -\infty<t<\infty \qquad x(t)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} X(\omega)e^{j\omega t}d\omega$$

4.掌握傅里叶变换的性质（灵活掌握，重点！），并能应用于傅里叶变换的计算（最为常见的：翻褶、时移、微分性质、帕萨瓦尔、卷积！）（看看作业里哪些性质被频繁使用）

5.信号的频谱（重点，周期信号和非周期信号的频谱各有什么特点？周期信号频谱与傅里叶级数（变换）的关系？会画了吗？幅值谱和相位谱如何求？如果手绘幅值谱怎么办？）

可以去参考第六章DFS部分的总结，总结了周期信号、非周期信号、离散后信号的频谱的关系。

6. 掌握常用信号的频谱（重点！知道公式且会画，例如：$\sin(\omega_0 t)$、$e^{j\omega_0 t}$、门函数的频谱是啥？矩形脉冲串（门函数的时域周期延拓）的频谱是啥？）

7.用matlab计算傅里叶积分：1、符号法；2、用离散傅里叶近似

第五章 连续时间系统的频域表示（重点）：频响与采样！

- 要求掌握的内容

1.线性时不变系统的第三种表征形式：频率响应H(ω)

2.理解掌握系统的频率响应H(ω)的含义：输入信号频率为ω时，输入信号幅度乘以|H(ω)|，相位改变∠H(ω)，是单位脉冲响应h(t)的傅里叶变换

3.输入单一频率信号$Ae^{j\omega_0 t}$时，输出为什么？$y_c(t)=H(\omega_0)x_c(t)=H(\omega_0)Ae^{j(\omega_0+\theta)}=A|H(\omega_0)|e^{j(\omega_0 t+\theta+\angle H(\omega_0))}$

3. 输入是余弦信号Acosω$_0$t时，输出为什么？

$$y(t)=\mathrm{Re}[y_c(t)]=A|H(\omega_0)|\cos(\omega_0 t+\theta+\angle H(\omega_0))$$

4. 输入是周期信号时，输出是什么？(思考：如果求输出的频谱Y(ω)呢？)

$x(t)=\sum_{k=-\infty}^{\infty}c_k e^{jk\omega_0 t}$ 周期信号可以分解为一系列复指数信号$e^{jk\omega_0 t}$加权和，所以输出：$y(t)=\sum_{k=-\infty}^{\infty}H(k\omega_0)c_k e^{jk\omega_0 t}$

5.输入是非周期信号时，输出是什么？

$$Y(\omega)=X(\omega)H(\omega)$$

6.连续时间信号的采样（重点！！！采样的数学本质是什么？时域的采样对应频域的什么？）

请务必自行推理一遍！脑子会了眼睛会了不代表手会了！！（泣血）

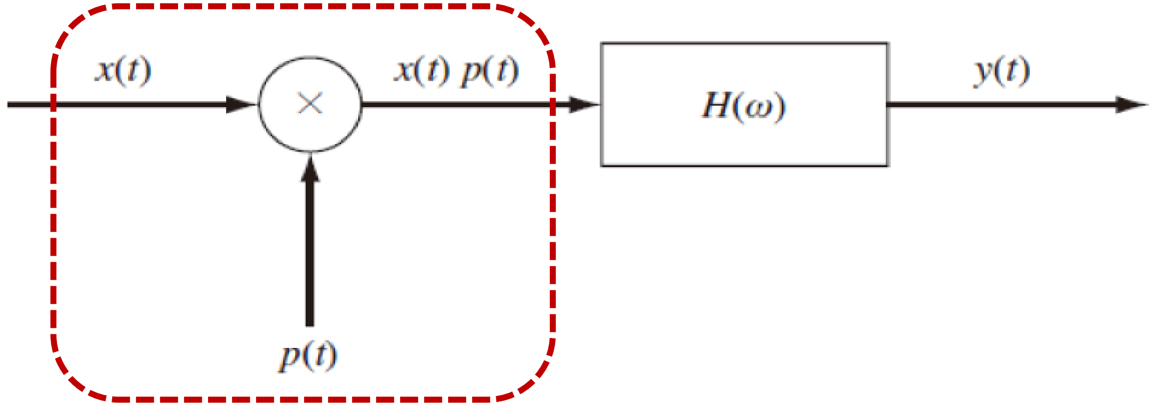
7.如何从离散时间信号重构连续时间信号？重构时时域和频域分别发生了什么？

请务必自行推理一遍！脑子会了眼睛会了不代表手会了！！（泣血）

8.混叠是什么？如何避免？奈奎斯特采样定理的定义是什么？若某频率的信号在采样时发生混叠，会被混叠为什么频率？（重点）（详见第五章采样部分的ppt，有例题）

9.MATLAB中求系统频响函数有哪些？

总结采样+重构过程

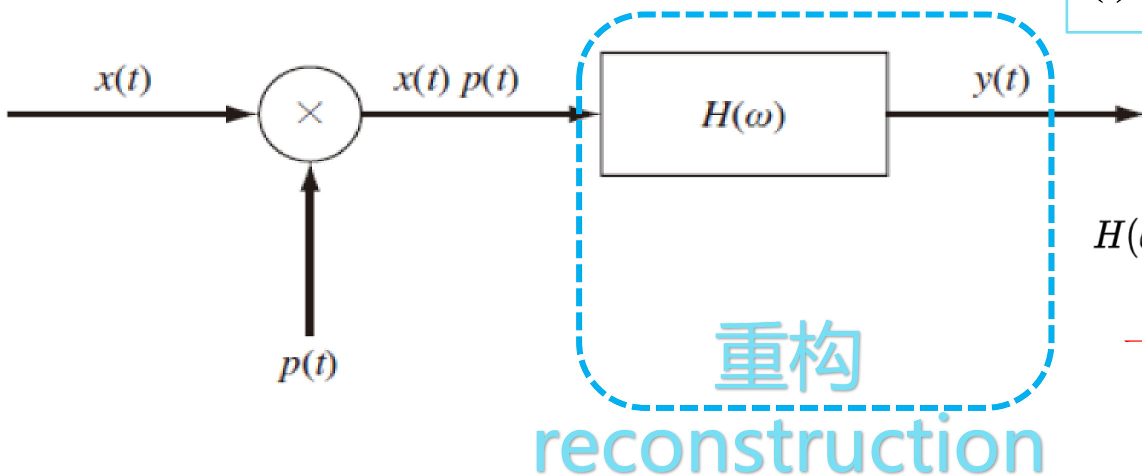


采样
sampling

$$x_s(t) = x(t)p(t) = \frac{1}{T}\sum_{k=-\infty}^{\infty} x(t)e^{jk\omega_s t} \Longleftrightarrow X_s(\omega) = \frac{1}{T}\sum_{k=-\infty}^{\infty} X(\omega - k\omega_s)$$

总结采样+重构过程

$$h(t)=\frac{\mathrm{B}T}{\pi}\sin c\left(\mathrm{B}t\right),-\infty<\omega<\infty$$



$$H(\omega)=\begin{cases}T, & -B<\omega<B\\ 0, & \text{otherwise}\end{cases}$$

一般B取$\omega_s/2$

$$Y(\omega)=X_s(\omega)Tp_{\omega_s}(\omega)$$
$$=\left(\frac{1}{T}\sum_{k=-\infty}^{\infty}X(\omega-k\omega_s)\right)Tp_{\omega_s}(\omega)$$

$$y(t)=\left(\sum_{n=-\infty}^{n=\infty}x(nT)\delta(\tau-nT)\right)*h(t)$$
$$=\frac{BT}{\pi}\sum_{-\infty}^{\infty}x(nT)\sin c\left[B(t-nT)\right]$$

第六章 离散时间信号的频域表示1（重点）：离散时间傅里叶DTFT，离散时间系统频响H(Ω)

- 要求掌握的内容

1.离散时间序列的频域分解思想：信号分解为不同频率正弦/余弦/复指数序列的线性组合

2. 掌握离散信号的傅里叶变换（DTFT）（公式记住了？X（Ω）怎么算）

3. 掌握离散信号的傅里叶变换（DTFT）和连续时间信号的傅里叶变换的关系？

4.掌握各种频率变量之间的关系，ω，f，Ω（重点！！！！！）

5.掌握DTFT的性质（灵活掌握，重点！），并能应用于离散傅里叶变换的计算（最为常见的：翻褶、时移、微分性质、帕萨瓦尔、卷积！）（看看作业里哪些性质被频繁使用），可以和FT的性质类比帮助记忆

6.离散时间信号的频谱X（Ω）（重点，周期性！！！会画了吗？幅值谱和相位谱如何求？如果手绘幅值谱怎么办？）

7. 掌握常用信号的频谱X(Ω)（重点！知道公式且会画，例如：$\sin(\omega_0 n)$、$e^{j\omega_0 n}$、矩形脉序列的频谱是啥？u[n]的频谱?）

8.掌握离散时间系统的频响H（Ω）,输入信号频率为Ω时，输入信号幅度乘以|H(Ω)|，相位改变∠H(Ω)， H(Ω)是单位脉冲响应h[n]的离散时间傅里叶变换，离散时间系统的输出y[n]的傅里叶变换Y(Ω):

$$Y(\Omega)=X(\Omega)H(\Omega)$$

第六章 离散时间信号的频域表示2（重点）：离散傅里叶DFT、快速傅里叶变换FFT，

- 要求掌握的内容

1.离散时间序列的频域分解思想：信号分解为不同频率正弦/余弦/复指数序列的线性组合

2. 掌握离散傅里叶变换（**DFT**）（公式记住了？**Xk**怎么算）

3. 掌握离散傅里叶变换（**DFT**）与离散信号的傅里叶变换（**DTFT**）的关系（可以参考第六章第二次作业最后一题）

4.掌握各种频率变量之间的关系，**k**，**ω**，**f**，**Ω**（重点！！！！！！）

5.补零对x[n]的DFT和DTFT的影响（重点）

6.掌握圆周移位和圆周卷积，圆周卷积和线性卷积的区别（公式、计算方法、符号表示、结果长度），$X_k \cdot H_k = Y_k$对应的时域是线性卷积x[n]*h[n]还是圆周卷积 $x[n] \otimes h[n]$? 啥时候两类卷积结果相同？

7. FFT是一种快速离散傅里叶计算算法，计算复杂度多高？多少次复数乘法？多少次复数加法？输入倒序输出正序，如何计算输入和输出的序号？

8.用**matlab**计算**dft**：**1**、按照公式自己编写**dft**计算程序；**2**、**fft**程序

时间域和频率域连续、离散、周期与非周期间的对应关系

	时间函数	对应关系	频率函数
1	连续 非周期		连续 非周期
2	连续 周期		离散 非周期
3	离散 非周期		连续 周期
4	离散 周期		离散 周期

第六章 DFT的应用——谱分析

- 要求掌握的内容（可以结合我们的实验5，能否画出心电信号的频谱？分析心率所在谱线？）

*DFT*的几个参数定义和关系

n ---------- 时域$x[n]$的时间变量

k ---------- 频域$X[k]$的频率变量

T ---------- 序列 $x[n]$的两个抽样值之间的间距（抽样间隔）

f_s ---------- 序列 $x[n]$的抽样频率

N ---------- 序列 $x[n]$的抽样点数

T_0 ---------- 序列 $x[n]$的周期（时间长度）

F_0 ---------- 频域$X[k]$的间隔（频率实际分辨率）

DFT的几个参数定义和关系

$$T_0 = NT = \frac{N}{f_s} = \frac{1}{F_0}$$

$$T = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{NF_0} = \frac{T_0}{N}$$

$$f_s = NF_0 = \frac{N}{T_0} = \frac{1}{T}$$

$$\boxed{F_0 = \frac{f_s}{N} = \frac{1}{NT} = \frac{1}{T_0}}$$

增加记录时间，就能减小F0，提高频率分辨率

$$f_k = \frac{k}{NT} = \frac{kf_s}{N}$$

X(k)的第k根谱线对应的实际频率f_k

思考问题：$x[n]$ 无限长时？ $x[n]$ 截断时？ $x[n]$ 补零时？DFT的变化是什么

本题能答对吗？

用某一频谱分析仪分析最高频率为f_h=5 kHz的信号，求：

1.该仪器需设置的抗混叠低通滤波器截止频率（理想）和最低采样频率分别是多少?

2.若信号中包含两个频率成分f_1=200 Hz和f_2=205 Hz, 采样点数取N=1000（矩形窗），试问可以区分出这两个信号成分吗？如果不能区分则N至少取多少?

3.根据求出的N，试确定频率成分f_1=200 Hz和f_2=205 Hz分别对应第几条谱线 k_1，k_2= ?

4.如果不设置抗混叠低通滤波器，哪个频率成分将会对f_1信号成分造成混叠?

解答：

1. $f_{cutoff} = f_h = 5\text{kHz},\qquad f_s = 2f_h = 10\text{kHz}$

2. $$F_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{f_s}{N} = \frac{10\times10^3}{1000} = 10\text{Hz}$$

$$N = \frac{f_s}{F_0} = \frac{10\times10^3}{f_2 - f_1} = \frac{10\times10^3}{5} = 2000$$

3. $$k_1 = \frac{f_{k_1}}{F_0} = \frac{200}{5} = 40,\qquad k_2 = 41$$

4. $$f_1' = f_s - f_1 = 10\times10^3 - 200 = 9.8\text{kHz}$$

第七章 Laplace变换

- 要求掌握的内容

  1. 如何对连续时间信号进行**Laplace**变换和反变换？

  2.Laplace的常用性质（参考第七章作业）

  3.Laplace的常用变换对（参考第七章作业）

  4.掌握连续时间系统的传递函数**H**（s）**,是单位脉冲响应h(t)的拉式变换，连续时间系统的输出y(t)的拉式变换Y(s):**

$$Y(s)=X(s)H(s)$$

  系统函数中的零极点对系统特性的影响（重点！稳定性）

  5. H(s)与系统频率响应**H(ω)**的关系

  6.如何基于**Laplace**变换求解常系数微分方程（参考第七章作业和课外）

  6.1 零初始状态下求解微分方程

  6.2非零初始状态下求解微分方程

  7.如何使用**MATLAB**进行**Laplace**变换**1**、符号法；**2**、部分分式法

  8.如何使用**MATLAB**求微分方程的解？（参考课外）

第八章 Z变换

- 要求掌握的内容

  1. 如何对离散时间信号进行Z变换和反变换（公式、方法，重点！！）？

  2.收敛域ROC的概念，以及收敛域不同对应的反变换的结果不同（因果序列的收敛域有什么特点）必须会画z平面的收敛域、零极点，及其与单位圆的关系！

  2.Z变换的常用性质（参考第八章作业）

  3. Z变换的常用变换对（参考第八章作业）

  4.掌握离散时间系统的系统函数H（z）,是单位脉冲响应h[n]的Z变换，离散时间系统的输出y[n]的Z变换Y(z):

$$Y(z) = X(z)H(z)$$

  系统函数中的零极点对系统特性的影响（重点！因果性和稳定性）

  5. H(z)与系统频率响应H(Ω)的关系

  6.如何基于Z变换求解常系数微分方程（参考第八章作业和课外）

   6.1 零初始状态下求解差分方程

   6.2非零初始状态下求解差分方程

  7.如何使用MATLAB进行Z变换1、符号法；2、部分分式法

  8.如何使用MATLAB求差分方程的解？（参考课外）

序列特性与X(z)的收敛域ROC的关系

一般来来说，序列的 Z 变换的收敛域在 Z 平面上的一环状区域：$R_{x-} < |z| < R_{x+}$

总结：a. ROC 不包含任何极点。

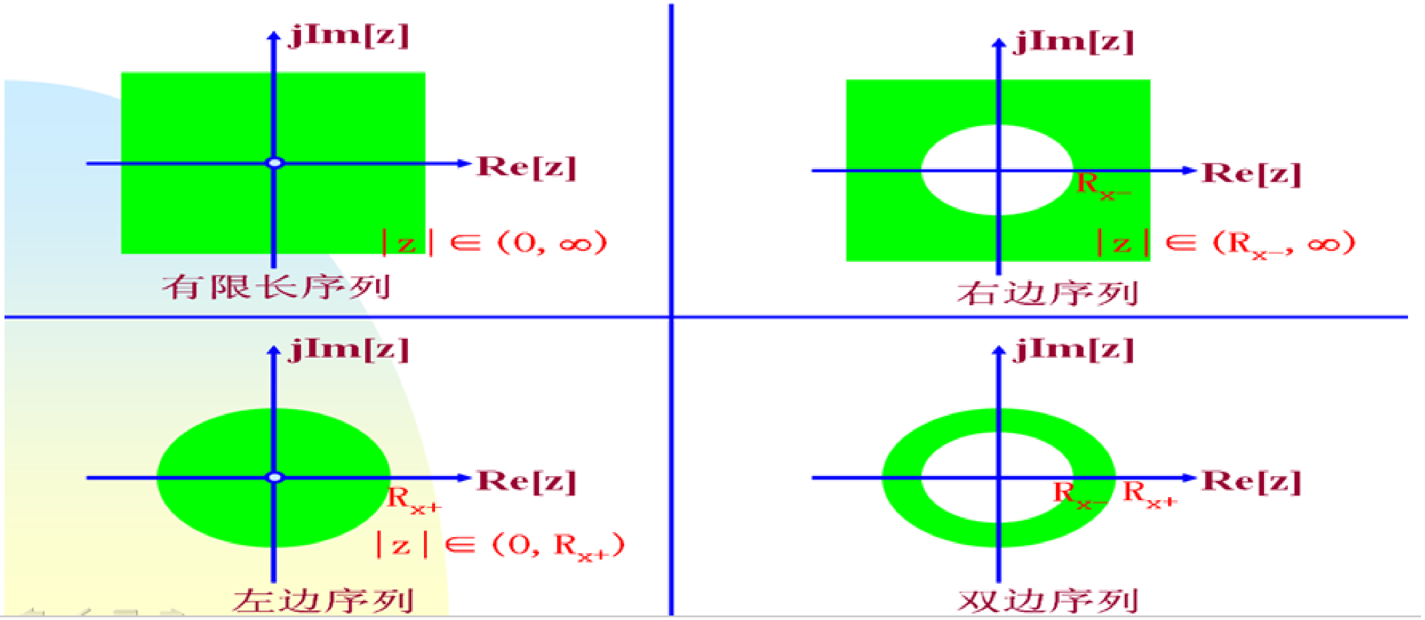
b.有理 z 变换的收敛域 ROC 由其极点界定。

c. 对于有限长序列 x[n],其 z 变换的收敛域 ROC 为整个 z-平面，可能在 $z = 0$ 或 $z = \infty$除外。只有序列为 $\delta(n)$ 时，收敛域是整个 Z 平面。

d. 对于右边序列 x[n],其 z 变换的收敛域 ROC 由其离原点最远的极点确定，其形式为 $|z| > |R_{x-}|$。

e. 对于左边序列 x[n]，其 z 变换的收敛域 ROC 由其离原点最近的极点确定，其形式为 $|z| < |R_{x+}|$。

f. 对于双边序列 x[n]，其 z 变换的收敛域ROC 环状收敛域,，其形式为公共收敛域 $R_{x-} < |z| < R_{x+}$。



系统表达式之间的转换关系？（请自行推理）

四者之间的关系为何？

$$y^{(N)}(t)+\sum_{i=0}^{N-1}a_i y^{(i)}(t)=\sum_{i=0}^{M}b_i x^{(i)}(t)$$

- h(t)
- H(s)
- H(ω)

四者之间的关系为何？

$$y[n]+\sum_{i=1}^{N}a_i y[n-i]=\sum_{i=0}^{M}b_i x[n-i]$$

- h[n]
- H(z)
- H(Ω)

第九章 系统稳定性

（详见本ppt第9、10页）

第十章 数字滤波器设计

- 要求掌握的内容

1. 什么IIR滤波器？什么是FIR滤波器？各有啥优缺点？

2.IIR滤波器如何设计？

2.1第一步确定需求，所以设计低通？高通？带通？还是带阻？

2.2第二步设计参数，通带截止频率和阻带截止频率选什么？通带最大衰减和阻带最小衰减一般怎么设置？

2.3接下来才是具体实现，先设计模拟滤波器（哪三类各有什么特点）

2.4再将模拟滤波器转换为数字滤波器，转换方法有两种，哪两种？各有什么特点，具体怎么转换（结合第十章作业）

3. FIR滤波器如何设计？

3.1第一步确定需求，哪些频率要删除？哪些频率要保留？所以设计低通？高通？带通？还是带阻？

3.2第二步设计参数，通带截止频率和阻带截止频率选什么？通带最大衰减和阻带最小衰减一般怎么设置？过渡带是啥？与窗长的大致关系？

3.3接下来才是具体实现，先选择理想滤波器（低通、高通、带通、带阻，频响函数应该都了解吧）

3.4再将理想滤波器转换为FIR数字滤波器，即通过时域乘上一个窗函数，即可获得一个截断的理想滤波器

3.5不同的窗函数的频响有啥特点，矩形窗、汉宁窗、海明窗（主瓣、旁瓣）

4.如何使用MATLAB进行IIR滤波器设计？（能看懂就行）

5.如何使用MATLAB进行FIR滤波器设计？（能看懂就行）

一些其他问题

- 算出X(Ω)的表达式后，请同学们手绘|X(Ω)|会画吗？
  - 思路：1、因为X(Ω)是2pi为周期的，且Ω 在pi~2pi区域内的|X(Ω)|与0~pi区域内的|X(Ω)|关于pi镜像对称，因此只要画出0~pi部分的|X(Ω)|即可
  - 2、可以用一些特殊点定位，比如代入Ω=0， Ω=pi/4, Ω=pi/6, Ω=pi/3, Ω=pi/2, Ω=pi,这些点，就可以算出这些频率点对应的幅值|X(Ω)|，之后将这些点连起来，就可以构成|X(Ω)|的大致形状了
- 英文题目tips：
  - 1、一些专用名词一定要熟悉
  - 2、读懂题目究竟是让你做啥?
  - 3、重视基本概念的理解！！！一定要吃透！！！
  - 4、思路和步骤更重要，不要只写答案，万一错了，没有分！！！
  - 5、要融会贯通！！！
  - 6、不要慌！