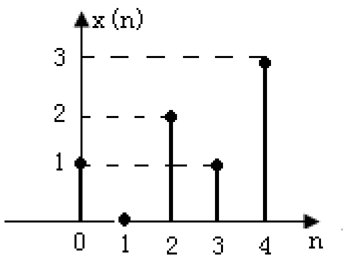
# 数字信号处理习题集

## 第一章习题

1、已知一个 5 点有限长序列 $x(n)$，如图所示。（1）用 $\delta(n)$ 写出 $x(n)$ 的函数表达式；（2）$h(n)=R_4(n)$，求线性卷积 $y(n)=x(n)*h(n)$ 。




2、已知 $x(n)=(3n+2)[u(n+2)-u(n-3)]$,画出 $x(n)$的波形，并画出 $x(-n)$和 $x(2n)$的波形。

3、判断信号 $x(n)=\sin\left(\dfrac{4\pi}{7}n+\dfrac{\pi}{2}\right)$是否为周期信号，若是求它的周期。

4、判断下列系统是否为线性的，时不变的，因果的，稳定的？

（1） $y(n)=x^2(3-n)$，（2） $y(n)=x(n)e^{j3n}$

5、已知连续信号 $x_a(t)=\cos(2\pi ft+\dfrac{\pi}{2}), f=400Hz$ 。

（1）求信号 $x_a(t)$ 的周期。

（2）用采样间隔 T=0.001s 对 $x_a(t)$ 进行采样，写出采样信号 $\hat{x}_a(t)$ 的表达式。

（3）写出对应于 $\hat{x}_a(t)$ 的时域离散信号 $x(n)$ 的表达式，并求周期。

6、画出模拟信号数字处理的框图，并说明其中滤波器的作用。

## 第二章习题

1、求序列 $x(n)=a^n\left[u(n)-u(n-N)\right]$ 的傅立叶变换。

2、已知理想低通滤波器的频率响应函数为：$H(e^{j\omega})=\begin{cases} e^{-j\omega n_0} & 0\le|\omega|\le\omega_c \\ 0 & \omega_c<|\omega|\le\pi \end{cases}$，$n_0$ 为整数，求所对应的单位脉冲响应 $h(n)$。

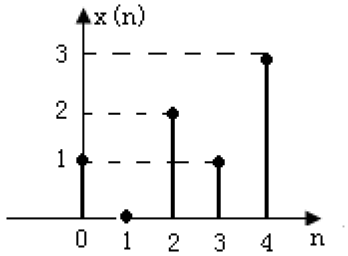
3、已知理想高通滤波器的频率响应函数为：$H(e^{j\omega})=\begin{cases} 0 & 0\le|\omega|\le\omega_c \\ 1 & \omega_c<|\omega|\le\pi \end{cases}$，求所对应的单位脉冲响应 $h(n)$。

4、已知周期信号的周期为 5,主值区间的函数值=$\delta(n)+\delta(n-1)$,求该周期信号的离散傅里叶级数和傅里叶变换.

5、已知信号 $x(n)$ 的傅立叶变换为 $X(e^{j\omega})$，求下列信号的傅立叶变换。

（1）$x(n-3)$ （2）$x^*(-n)$

6、已知实因果信号 $x(n)$ 如图所示，求 $x_e(n)$ 和 $x_o(n)$。




7、已知实因果信号 $x(n)$ 的偶分量为{-2,-3,3,4,<u>1</u>,4,3,-3,-2},求信号 $x(n)$。

8、已知信号 $x_a(t)=\cos(2\pi 100t)$, $f_s=300Hz$,对信号采样,得到时域采样信号 $\hat{x}_a(t)$ 和时域离散信号 x(n),求:

(1)写出信号 $x_a(t)$ 的傅里叶变换.

(2)写出时域采样信号 $\hat{x}_a(t)$ 和时域离散信号 x(n)的表达式.

(3)求时域采样信号 $\hat{x}_a(t)$ 和时域离散信号 x(n)的傅里叶变换.

9、已知稳定离散时间系统的差分方程为: $y(n)-10/3y(n-1)+y(n-2)=x(n)$,

求(1)系统函数和单位脉冲响应。

(2)若 $x(n)=u(n)$ ,求系统的零状态响应。

(3)写出频率响应函数 $H(e^{j\omega})$ 。

(4)若输入为 $x(n)=e^{j\omega_0 n}$， 求输出 $y(n)$。

10、一个离散时间系统有一对共轭极点： $p_1=0.8e^{j\pi/4}, p_2=0.8e^{-j\pi/4}$， 且在 z=1 处有一阶零点。H(0)=1,

（1） 写出该系统的系统函数 H(z), 并画出零极点图。

（2） 试用零极点分析的方法大致画出其幅频响应（0～2π)。

（3） 若输入信号 $x(n)=e^{j\frac{\pi}{2}n}$，求该系统的输出 y(n)。

## 第三章习题

1、计算下列序列的 8 点 DFT

(1) $x(n)=\delta(n-3)$

(2) $x(n)=\delta(n)+2\delta(n-4)$

2、已知 $x(n)=(2n+1)[u(n+2)-u(n-3)]$，若 $y(n)=x((n))_4$，画出 $x(n)$和 $y(n)$的波形。

3、已知 $x(n)=R_5(n)$，

（1）求它的 DTFT $X(e^{j\omega})$

（2）若 $X(e^{j\omega})$ 中的 $\omega$ 在[0,2π]内做 N 点等间隔采样得到 $X$（$k$），写出 $X$（$k$）的表示式，并说明在何种情况下可以由 $X$（$k$）恢复出 $X(e^{j\omega})$。

（3）求 IDFT[$X(k)$].

4、已知信号 $x(n)=2\delta(n)+\delta(n-1)+\delta(n-2)$, $h(n)=\delta(n+2)+3\delta(n)-\delta(n-1)+2\delta(n-3)$,

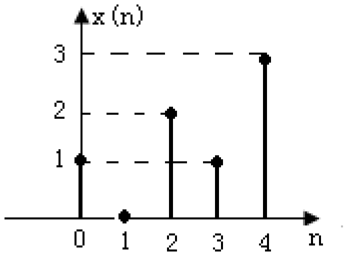
(1)求$\left[h((-n))_6 R_6(n)\right]$，并画出它的波形。

(2)求线性卷积 $y(n)=x(n)*\left[h((-n))_6 R_6(n)\right]$.

(3)求 $x(n)$ 和$\left[h((-n))_6 R_6(n)\right]$的 6 点循环卷积.

(4)若用循环卷积求解线性卷积,循环卷积的长度为多少?

5、已知一个 5 点有限长序列，如图所示。（1）画出波形 $x_1(n)=x((n-3))_8 R_8(n)$ 和 $x_2(n)=x((-n))_6 R_6(n)$ 的波形。（2）求线性卷积：$y(n)=x(n)*x_2(n)$（3）求 6 点循环卷积 $y(n)=x(n)\circledast x_2(n)$。（4）若用循环卷积求解线性卷积，则循环卷积至少要求几点？




6、已知实序列 x(n)的 9 点 DFT 为 X(k), X(0)=1, X(1)=2+j, X(2)=2, X(3)=0.5-0.1j, X(4)=1-0.5j，

（1）求出整个 X（k）。

（2）若 $x_1(n)=x((n-3))_9R_9(n)$， 求 $X_1(k)$ 。

（3）若 $x_2(n)=x_1(n)e^{j2\pi n/3}$， 求 $X_2(k)$ 。

7、已知 $x(n)$为 $N$ 点序列，$n$=0，1，…，$N$-1，$N$ 为偶数，其 DFT 为 $X(k)$.

令 $y_1(n)=x\left(N-1-n\right), y_2(n)=(-1)^n x\left(n\right)$ , $y_1(n)$和 $y_2(n)$为 $N$ 点序列，试用 $X(k)$表示 $Y_1(k)$ 和 $Y_2(k)$.

8、用微处理机对实数序列做谱分析，要求频率分辨率 $F \le 20$ Hz，信号最高频率为 1kHz，试确定以下参数：

（1）最小记录时间 Tmin；

（2）最大取样间隔 Tmax；

（3）最少采样点数 Nmin；

（4）在采样频率不变的情况下，将频率分辨率提高一倍的最小采样点数 N。

## 第四章习题

1、画出 4 点基 2 DIT-FFT 和 DIF-FFT 运算流图。

2、做 32 点 FFT 时，求数字 15 的倒序数。

3、y(n)=x(n)*h(n),x(n)和 h(n)分别为长度为 8 和 5 的序列，若用 FFT 来求解线性卷积，则要做几点的 FFT。

4、采用基 2FFT 算法用来计算 N=32 点 DFT，求需要计算复乘法的次数和复数加法的次数。

# 第五章习题

1、已知离散时间系统的差分方程为: $y(n)-10/3y(n-1)+y(n-2)=x(n)$,

求(1)判断该系统是 IIR 系统还是 FIR 系统.

(2)画出系统的级联型,并联型和直接型的网络结构.

2、设某 FIR 数字滤波器的系统函数为

$H(z)=(1+3z^{-1}+5z^{-2}-5z^{-4}-3z^{-5}-z^{-6})$,

试求（1）该滤波器的单位取样响应 $h(n)$ 的表示式，并判断是否具有线性相位；

（2）$H(e^{j\omega})$ 的幅频响应和相频响应的表示式；

（3）画出该滤波器流图的直接型结构和线性相位型结构图，比较两种结构，指出线性相位型结构的优点。

3、设某 FIR 数字滤波器的系统函数为

$H(z)=(1+2z^{-1}+5z^{-2}-5z^{-3}-2z^{-4}-z^{-5})$,

试求（1）该滤波器的单位取样响应 $h(n)$ 的表示式，并判断是否具有线性相位；

（2）$H(e^{j\omega})$ 的幅频响应和相频响应的表示式；（3）画出该滤波器流图的直接型结构和线性相位型结构图，比较两种结构，指出线性相位型结构的优点。

## 第六章习题

1、已知模拟系统函数为$H_a(s)=\dfrac{s+3}{(s+2)(s+4)}$，试用双线性变换法和脉冲响应不变发将该模拟传递函数转变为数字传输函数$H(z)$，采样周期 T=0.2s。

2、已知数字高通滤波器,要求通带截止频率 $\omega_p$=0.8π rad，通带衰减不大于 3 dB，阻带截止频率 $\omega_s$=0.5π rad，阻带衰减不小于 18 dB。采样周期 T=1s。

(1) 利用双线性变换法确定模拟高通滤波器的边界频率。

(2)确定模拟低通滤波器的边界频率。

(3)设计该巴特沃斯滤波器。

# 第七章习题

1、用矩形窗设计线性相位 FIR 滤波器，要求过渡带宽度不超过 $\pi/10$，希望逼近的理想低通滤波器 $\boldsymbol{H_d(e^{j\omega})}$ 为

$$\boldsymbol{H_d(e^{j\omega})=\begin{cases} e^{-j\omega\alpha} & 0\le|\omega|\le\omega_c \\ 0 & \omega_c<|\omega|\le\pi \end{cases}}$$

（1）求单位脉冲响应 $\boldsymbol{h_d(n)}$；

（2）求出加矩形窗设计的 FIR 低通滤波器的单位脉冲响应 h(n),确定 $\alpha$ 与 N 的关系。

2、设某 FIR 数字滤波器的系统函数为

$$H(z)=(1+3z^{-1}+5z^{-2}+3z^{-3}+z^{-4})，$$

试求（1）该滤波器的单位取样响应 $h(n)$ 的表示式，并判断是否具有线性相位；（2）$H(e^{j\omega})$ 的幅频响应和相频响应的表示式;（3）画出该滤波器流图的直接型结构和线性相位型结构图，比较两种结构，指出线性相位型结构的优点。