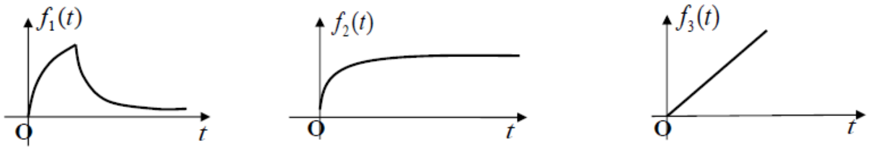
第一章

1. 功率信号的判断 习题 1-6、习题 1-7

- **能量信号**：$0 < E < \infty$，此时 $P = 0$
- **功率信号**：$0 < P < \infty$，此时 $E \to \infty$
- **非能量非功率信号**：既非功率信号又非能量信号



★ 快速判断法：（离散信号的判断方法类似）

- 直流信号：功率信号
- 周期信号：功率信号，其平均功率可以在一个周期内计算。
- 非周期信号：
  - ▲ 当$|t| \to \infty$时，幅值为0：能量信号，也称为脉冲信号
  - ▲ 当$|t| \to \infty$时，幅值不为无穷大，且至少有一边为有限值：功率信号
  - ▲ 当$|t| \to \infty$时，只要有一边幅值为无穷大：非能非功信号

举例：$\cos(t)u(t)$ （功率信号）

$(0.5)^k u(k)$ （能量信号）

2. 系统的线性和时不变性判断 习题 1-9

举例：判别方程$\frac{\mathrm{d}y(t)}{\mathrm{d}t} = 5tx^2(t) + x(t+1)$描述的系统类型为____D____。

(A) 线性时不变　(B) 线性时变　(C) 非线性时不变　（D) 非线性时变

3. 周期信号的周期计算 习题 1-1

例1-1-2：判断下列信号是否为周期信号，如果是周期信号，试计算其周期。

(1) $f_1(t)=2+3\cos(\frac{2}{3}t+\theta_1)+5\cos(\frac{7}{6}t+\theta_2)$

解：$T_1=3\pi, T_2=\frac{12}{7}\pi, \frac{T_1}{T_2}=\frac{7}{4}=\frac{n_2}{n_1}$为有理数，故$f_1(t)$为周期信号。

周期$T=n_1T_1=n_2T_2=12\pi$。

(2) $f_2(t)=2\cos(2t+\theta_1)+5\sin(\pi t+\theta_2)$

解：$T_1=\pi, T_2=2, \frac{T_1}{T_2}=\frac{\pi}{2}$为无理数，故$f_2(t)$不是周期信号。

(3) $f_3(t)=3\cos(3\sqrt{2}t+\theta_1)+7\cos(6\sqrt{2}t+\theta_2)$

解：$T_1=\frac{2\pi}{3\sqrt{2}}, T_2=\frac{2\pi}{6\sqrt{2}}, \frac{T_1}{T_2}=2$为有理数，故$f_3(t)$是周期信号，

周期为$\frac{2\pi}{3\sqrt{2}}$。

举例：$3\cos(2t)+\cos(5t)$

$\sin^2(2\pi t)$

第二章

4. 冲激信号的筛选特性 习题 2-8

举例：$\int_{-3}^{3} \cos t\delta(t-\pi)dt =$

$$\int_{-\infty}^{\infty} u(t-4)\delta(t-6)\mathrm{d}t =$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} u(t-4)\delta(t-3)\mathrm{d}t =$$

5. 连续时间信号的卷积运算 习题 2-13

$$y(t) = x(t) * h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)h(t-\tau)d\tau$$

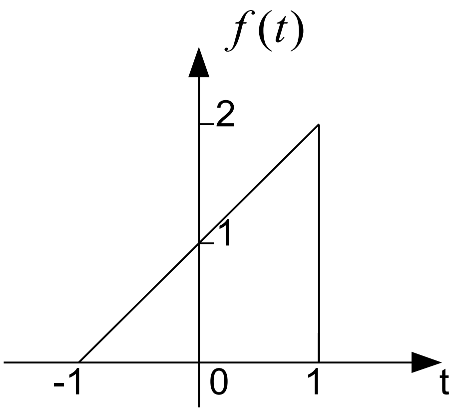
(2) $2 * e^{-3t}u(t)$

解：原式 $= e^{-3t}u(t) * 2 = e^{-3t}u(t) * 2u(t+\infty)$

$$= \int_{0}^{t+\infty} e^{-3\tau} \cdot 2d\tau \cdot u(t+\infty) = 2\int_{0}^{\infty} e^{-3\tau} d\tau = -\frac{2}{3}e^{-3\tau}\Big|_{0}^{\infty} = \frac{2}{3}$$

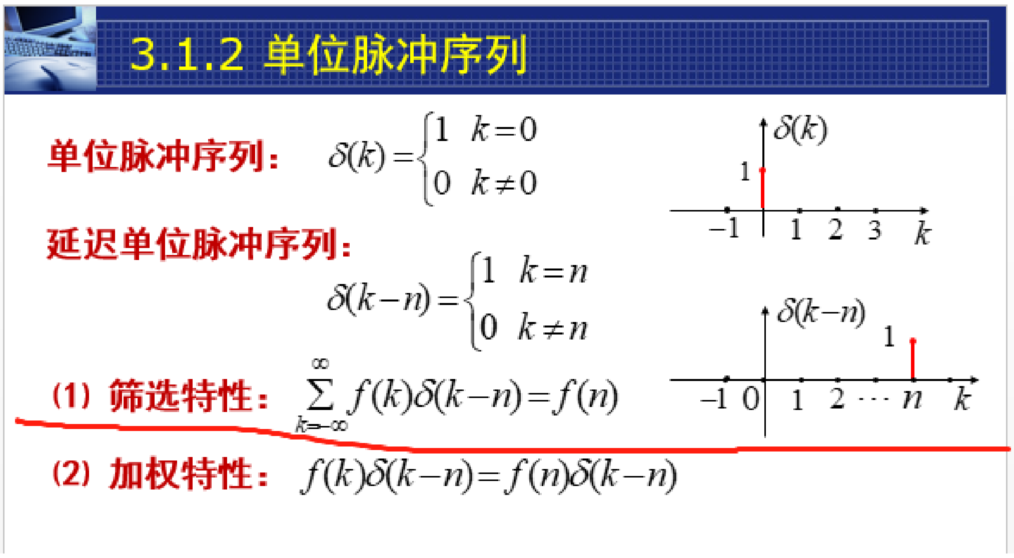
6. 连续时间信号的基本运算（翻转、尺度变换、平移等） 习题 2-6

举例：已知 $f(t)$ 的波形图如图所示，试画出 $y(t)=f(1-\frac{t}{2})$ 的波形。



第三章

7. 脉冲信号的基本性质



8. 离散时间系统的零状态响应（不进位乘法）习题 3-14、习题 3-15

例： 离散时间系统的激励信号 $x(k)=\{\underline{2},1,5\}$，单位函数响应 $h(k)=\{\underline{3},1,4,2\}$，试求其零状态响应。

· 序列阵表格法

$h(k)$ \ $x(k)$	$\underline{2}$	1	5
$\underline{3}$	$\underline{6}$	3	15
1	2	1	5
4	8	4	20
2	4	2	10

· 不进位乘法

$$
\begin{array}{rrrrrrr}
 & & & \underline{3} & 1 & 4 & 2 \\
\times & & & & \underline{2} & 1 & 5 \\
\hline
 & & & 15 & 5 & 20 & 10 \\
 & & 3 & 1 & 4 & 2 & \\
+ & \underline{6} & 2 & 8 & 4 & & \\
\hline
 & \underline{6} & 5 & 24 & 13 & 22 & 10
\end{array}
$$

$\therefore\ y_{zs}(k)=\{\underline{6},5,24,13,22,10\}$

已知 $y(k)=x(k)*h(k)$，其中 $x(k)=\{1,-1,\underline{1}\}$，$h(k)=\{\underline{1},1,1\}$，则

$y(0)=1$

第四章

9. 傅里叶变换　　习题 4-8

$$(4)\ (t-3)f(2-t)$$

解：原式 $=(t-2)f(2-t)-f(2-t)=(t-2)f[-(t-2)]-f[-(t-2)]$

$$\because \quad tf(t)\leftrightarrow j\frac{dF(\omega)}{d\omega} \quad (\text{时域微分})$$

$$(-t)f(-t)\leftrightarrow -j\frac{dF(-\omega)}{d\omega}$$

$$-(t-2)f[-(t-2)]\leftrightarrow -j\frac{dF(-\omega)}{d\omega}e^{-2j\omega}$$

$$(t-2)f[-(t-2)]\leftrightarrow j\frac{dF(-\omega)}{d\omega}e^{-2j\omega}$$

$$\text{又}\because \quad f(-t)\leftrightarrow F(-\omega)$$

$$\therefore f[-(t-2)]\leftrightarrow F(-\omega)e^{-2j\omega}$$

$$\therefore \quad \text{原式}\leftrightarrow j\frac{dF(-\omega)}{d\omega}e^{-2j\omega}-F(-\omega)e^{-2j\omega}$$

10. 微分冲激法　　习题 4-12

（1）时域微分性质

若 $f(t)\leftrightarrow F(\omega)$

则 $\dfrac{df(t)}{dt}\leftrightarrow j\omega F(\omega)$

（2）时域积分性质

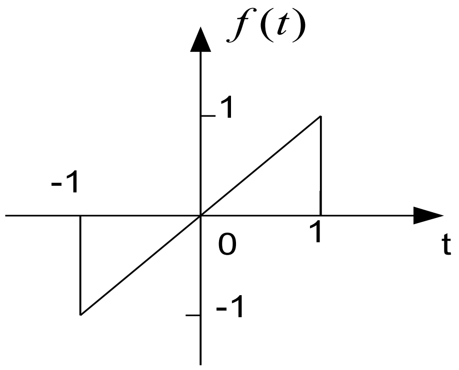
若 $f(t)\leftrightarrow F(\omega)$

则 $\int_{-\infty}^{t} f(\lambda)d\lambda \leftrightarrow \pi F(0)\delta(\omega)+\dfrac{1}{j\omega}F(\omega)$

$$\boxed{F(\omega)=\frac{G(\omega)}{j\omega}+\pi[f(\infty)+f(-\infty)]\delta(\omega)}$$

微分冲激法

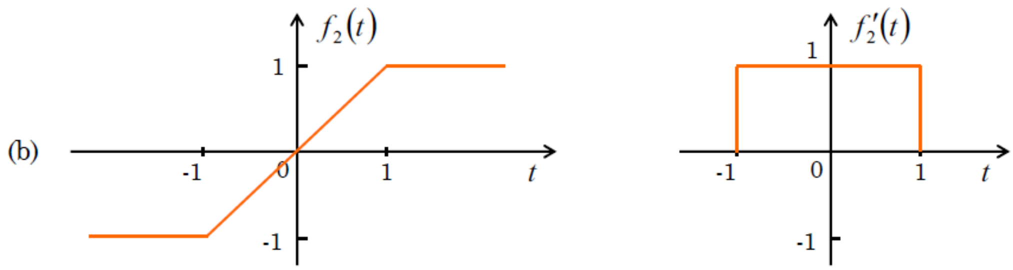
举例：用微分冲激法求下图所示信号的傅里叶变换。



解： $f'(t)=g_2(t)-\delta(t+1)-\delta(t-1)\leftrightarrow 2Sa(\omega)-2\cos(\omega)$

$$f(t)\leftrightarrow \frac{2Sa(\omega)-2\cos(\omega)}{j\omega}$$

3-12 用时域微积分性质求下列信号的频谱。



解： $g(t)=f_2'(t)=g_2(t)\leftrightarrow 2Sa(\omega)=G(\omega)$

又 $f(\infty)+f(-\infty)=0$

$$\therefore F(\omega)=\frac{G(\omega)}{j\omega}+\pi[f(\infty)+f(-\infty)]\delta(\omega)$$

$$=\frac{2Sa(\omega)}{j\omega}$$

11. 调制定理

涉及常见信号与性质：欧拉公式、门函数对应的傅里叶变换、傅里叶变换的对称性和频移性

5. 频移性（调制定理）

若 $f(t) \leftrightarrow F(\omega)$

则 $f(t)e^{j\omega_0 t} \leftrightarrow F(\omega-\omega_0)$

证明：根据傅里叶变换的**定义**，有

$$f(t)e^{j\omega_0 t} \leftrightarrow \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{j\omega_0 t}e^{-j\omega t}dt = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j(\omega-\omega_0)}dt = F(\omega-\omega_0)$$

表明$f(t)$在时域中乘以$e^{j\omega_0 t}$，对应于$F(\omega)$在频域中移动ω_0

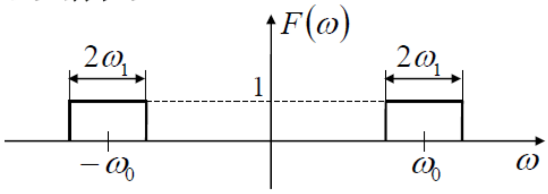
调制定理

$$f(t)\cos\omega_0 t \leftrightarrow \frac{1}{2}[F(\omega-\omega_0)+F(\omega+\omega_0)]$$

$$f(t)\sin\omega_0 t \leftrightarrow \frac{j}{2}[F(\omega+\omega_0)-F(\omega-\omega_0)]$$

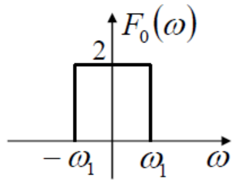
1.对称F(w)找F0(w)
2.求f0(t)
3.f(t)=f0(cos)
按步骤来，原理理解其次

例 已知信号$f(t)$的频谱$F(\omega)$如图所示，试写出其时域表达式。



解法一：利用调制定理求解

设$F_0(\omega)$如图所示



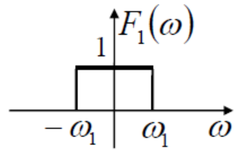
$$F_0(\omega) \leftrightarrow f_0(t) = \frac{2}{\pi}\omega_1 Sa(\omega_1 t)$$

$$由调制定理有F(\omega) = \frac{1}{2}\left[F_0(\omega+\omega_0) + F_0(\omega-\omega_0)\right]$$

$$\leftrightarrow f_0(t)\cos\omega_0 t = f(t)$$

$$\therefore \quad f(t) = \frac{2\omega_1}{\pi} Sa(\omega_1 t)\cos\omega_0 t$$

解法二：利用频域卷积定理求解



$$F(\omega) = F_1(\omega) * \left[\delta(\omega+\omega_0) + \delta(\omega-\omega_0)\right]$$

$$\therefore \quad f(t) = 2\pi \cdot F^{-1}\left[F_1(\omega)\right] \cdot F^{-1}\left[\delta(\omega+\omega_0) + \delta(\omega-\omega_0)\right]$$

$$= 2\pi \cdot \frac{\omega_1}{\pi} Sa(\omega_1 t) \cdot \frac{1}{2\pi}\left[e^{-j\omega_0 t} + e^{j\omega_0 t}\right] = \frac{2\omega_1}{\pi} Sa(\omega_1 t)\cos\omega_0 t$$

12. 奈奎斯特采样率　习题 4-17

- 时域中两个信号相乘，所得信号的带宽为原来两个信号的带宽之和。
- 时域中两个信号相加，所得信号的带宽应为原来两个信号中大的那个带宽。
- 时域中两个信号卷积，所得信号的带宽为原来两个信号中小的那个带宽。

3-17 确定下列信号的奈奎斯特取样率。

$$(3)\ Sa(100t)*Sa(200t)$$

解： $\omega_{m1}=100rad/s,\quad \omega_{m2}=200rad/s$

$$\omega_m=\min(\omega_{m1},\omega_{m2})=100rad/s$$

$$\therefore \omega_s=2\omega_m=200rad/s \quad 或 f_s=\frac{\omega_s}{2\pi}=\frac{100}{\pi}Hz$$

$$(5)\ Sa(100t)+Sa^2(60t)$$

解： $\omega_{m1}=100rad/s,\quad \omega_{m2}=60\times2=120rad/s$

$$\omega_m=\max(\omega_{m1},\omega_{m2})=120rad/s$$

$$\therefore \omega_s=2\omega_m=240rad/s \quad 或 f_s=\frac{\omega_s}{2\pi}=\frac{120}{\pi}Hz$$

13. 连续时间系统的频域分析　习题 4-25(简便方法)、 课件 PPT 上例子：正（余）弦信号输入到系统，输出是同频率的信号，只改变了幅度和相位

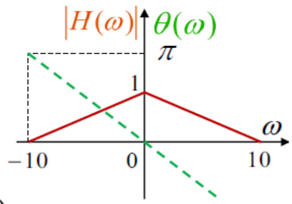
举例：

激励为 $x(t)=A_n\cos(n\omega_0 t+\varphi_n)$时，输出信号为

$$y(t)=\frac{A_n}{2}e^{j(n\omega_0 t+\varphi_n+\theta_n)}\left|H(n\omega_0)\right|+\frac{A_n}{2}e^{-j(n\omega_0 t+\varphi_n+\theta_n)}\left|H(n\omega_0)\right|$$

$$=A_n\left|H(n\omega_0)\right|\cdot\cos[n\omega_0 t+\varphi_n+\theta_n]=A_n\cos\left(n\omega_0 t+\varphi_n\right)H(n\omega_0)$$

例：某线性时不变系统的幅频特性$|H(\omega)|$和相频特性$\theta(\omega)$如图所示，若系统的激励为$x(t)=2+4\cos 5t+4\cos 10t$，试求响应$y(t)$。



解：信号为周期信号，

因此系统的响应为

$$y(t)=2H(0)+4\cos 5t\cdot H(5)+4\cos 10t\cdot H(10)$$
$$=2+2\cos(5t-90°)$$

该系统将直流信号幅度放大1倍；将$\omega=5$的正弦信号幅度放大$\frac{1}{2}$倍，附加相位移$-\frac{\pi}{2}$；将$\omega=10$的正弦信号幅度衰减为0。

可以看出，线性系统在周期信号激励下的响应仍然为周期信号，系统函数$H(\omega)$描述了系统对不同频率信号的幅度和相位的影响。

举例：某系统的频域系统函数为$H(\omega)=\frac{1}{j\omega}$，若输入信号$x(t)=\cos t$，则系统的零状态响应$y_{zs}(t)=\sin(t)$.

第五章

14.　拉式变换的初值/终值定理 习题 5-16

记住俩公式，先做题

8. 初值定理

设 $f(t) \leftrightarrow F(s)$，且 $\lim\limits_{s\to\infty} sF(s)$ 存在，则

$$f(0^+) = \lim_{t\to 0^+} f(t) = \lim_{s\to\infty} sF(s)$$

注意：

(1) 当 $F(s)$ 为有理真分式时，可以直接套用公式。

(2) 当 $F(s)$ 不是真分式时，应当先用长除法将 $F(s)$ 化成一个多项式与一个真分式之和，然后对真分式用初值定理。

9. 终值定理

设 $\mathcal{L}[f(t)] = F(s)$，且 $\lim\limits_{t\to\infty} f(t)$ 存在，则 $f(t)$ 的终值

$$f(\infty) = \lim_{t\to\infty} f(t) = \lim_{s\to 0} sF(s)$$

条件：$\lim\limits_{t\to\infty} f(t)$ 存在

这相当于 $F(s)$ 的极点都在 S 平面的左半平面，并且如果在虚轴上有极点的话，只能在原点处有单极点。

-5 求下列拉氏变换式对应的原函数的初值和终值。

(1) $\dfrac{s^2+8s+10}{s^2+5s+4}$

解：原式不是真分式，用长除法将其分解为：

$$原式=1+\frac{3s+6}{s^2+5s+4}$$

$$则f\left(0^+\right)=\lim_{t\to\infty} s\cdot\frac{3s+6}{s^2+5s+4}=3$$

由于原式的极点为-1、-4，均位于s平面的

左半平面，故$f\left(\infty\right)$存在

$$f\left(\infty\right)=\lim_{t\to 0} s\cdot\frac{s^2+8s+10}{s^2+5s+4}=0$$

15. 拉式变换/拉式反变换 习题 5-7

$$(4)\ \frac{2s+4}{s\left(s^2+4\right)}$$

原式是真分式，可表示为：原式 $=\frac{A}{s}+\frac{Bs+C}{s^2+4}$

用遮挡法得：$A=\left.\frac{2s+4}{s^2+4}\right|_{s=0}=1$

则 原式 $=\frac{1}{s}+\frac{Bs+C}{s^2+4}$ （由对应项系数相等法，求系数B、C）

上式两边同乘以s，令$s\to\infty$，得：$0=1+B\quad\therefore B=-1$

令$s=1$，代入上式：$\frac{2\times1+4}{1\times(1+4)}=\frac{1}{1}+\frac{-1\times1+C}{1+4}\quad\therefore C=2$

$$\therefore \text{原式}=\frac{1}{s}+\frac{-s+2}{s^2+4}=\frac{1}{s}-\frac{s}{s^2+2^2}+\frac{2}{s^2+2^2}\quad(\text{配方法})$$

$$\leftrightarrow\left(1-\cos 2t+\sin 2t\right)u(t)$$

常见信号的傅里叶变换一定要掌握

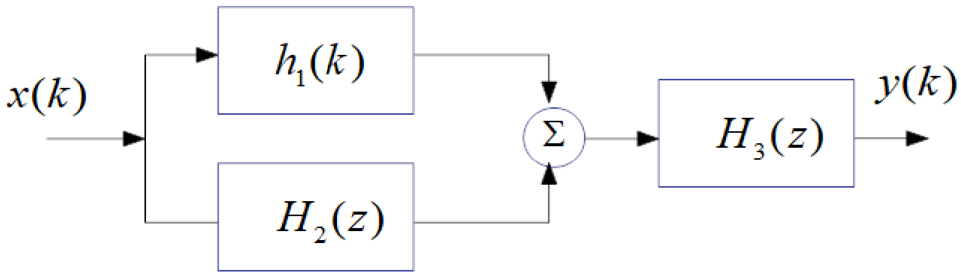
16. 系统函数的零极点图结合系统函数、零状态响应等计算

综合性题型，建议根据在掌握习题 5-14、习题 5-16 和习题 6-14 等基础上灵活处理

17. 系统冲激响应结合系统函数的计算 习题 2-26

如图所示系统由三个子系统组成，已知各子系统的单位函数响应或系统函数分别为

$h_1(k)=u(k)$，$H_2(z)=\dfrac{z}{z+1}$，$H_3(z)=\dfrac{1}{z}$，求系统的单位函数响应



解： $H_1(z)=\dfrac{z}{z-1}$

$$H(z)=[H_1(z)+H_2(z)]H_3(z)=\frac{2z}{(z-1)(z+1)}$$

根据 $H(z)$ 求逆变换

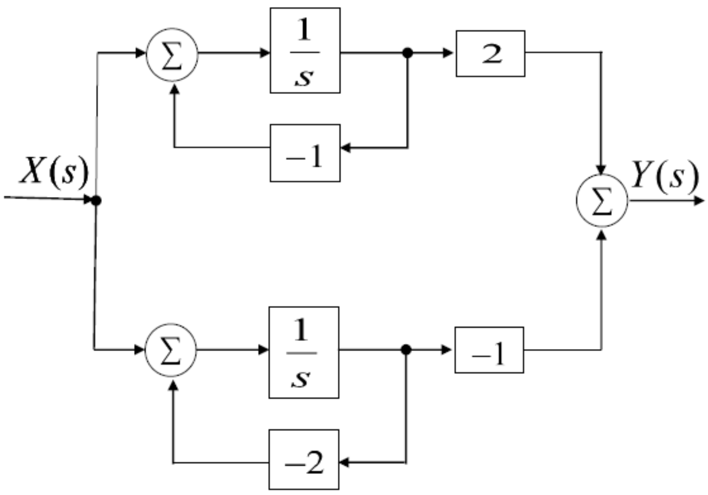
上述例题为离散时间系统，那么连续时间系统怎么处理呢？

18. 并联模拟图结合系统稳定性判断 习题 5-18

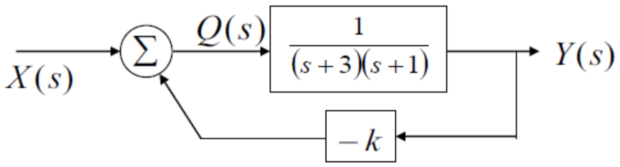
提示：将下面两道例题综合考虑

例4-6-3 已知系统的系统函数$H(s)=\dfrac{s+3}{(s+1)(s+2)}$，画出其直接模拟图、并联模拟图和串联模拟图。

其并联模拟图：



4-18 如题图4－18所示系统，求系统稳定时k的取值范围。



解：如图设加法器的输出$Q(s)$，则

$$Q(s)=X(s)-kY(s)=\frac{Y(s)}{\frac{1}{(s+1)(s+3)}}$$

整理得：$H(s)=\dfrac{Y(s)}{X(s)}=\dfrac{1}{s^2+4s+3+k}$

为二阶系统，因此当$3+k>0$，即$k>-3$时，系统稳定。

第六章

19. Z 变换/Z 反变换 习题 6-1

$$\left(\frac{1}{2}\right)^k\left[u(k)-u(k-3)\right]$$

20. 离散时间系统的直接模拟图 习题 6-17

5-17 对下列差分方程描述的系统画出模拟图。

(1) $y(k)-5y(k-1)+6y(k-2)=x(k)-3x(k-2)$

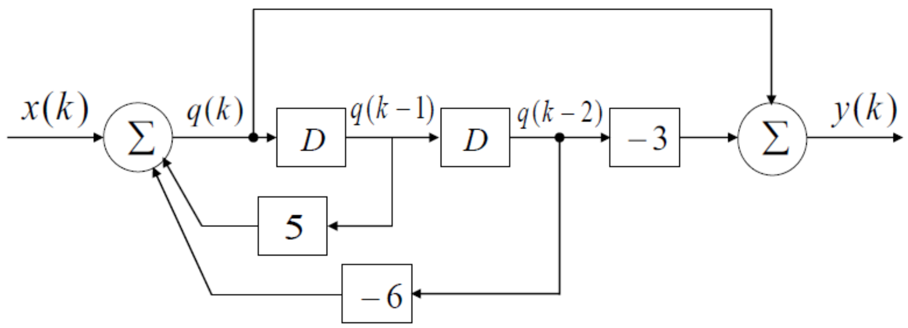
解：设辅助函数$q(k)$，则有：

$$q(k)-5q(k-1)+6q(k-2)=x(k)$$

$$\Rightarrow\ q(k)=x(k)+5q(k-1)-6q(k-2) \qquad (1)$$

$$y(k)=q(k)-3q(k-2) \qquad (2)$$

由方程(1)和(2)可画出模拟图如下：



21. 离散时间系统的零状态响应计算　习题 6-9（只考察零状态响应）

九、已知离散系统的差分方程为 $y(k+2)-y(k+1)-2y(k)=x(k)$ 若输入 $x(k)=u(k)$，求系统的零状态响应。

解：$[z^2Y(z)-z^2y(0)-zy(1)]-[zY(z)-zy(0)]-2Y(z)=X(z)$

$$Y(z)=\frac{1}{z^2-z-2}X(z)$$

代入 $X(z)=\dfrac{z}{z-1}$

22. 初值定理、终值定理
23. 初值定理、终值定理

7. 初值定理（也可以用长除法计算）

若　$\mathcal{Z}[f(k)]=F(z)$，且 $\lim\limits_{z\to\infty}F(z)$ 存在，

则　$f(k)$ 的初值 $f(0)=\lim\limits_{z\to\infty}F(z)$

8. 终值定理

若　$\mathcal{Z}[f(k)]=F(z)$，且 $f(k)$ 的终值 $f(\infty)$ 存在，

则　$f(\infty)=\lim\limits_{z\to 1}(z-1)F(z)$

条件：f(k) 的终值存在意味着 F(z) 除了在 z=1 处允许有一个一阶极点外，其余极点必须在单位圆内部。