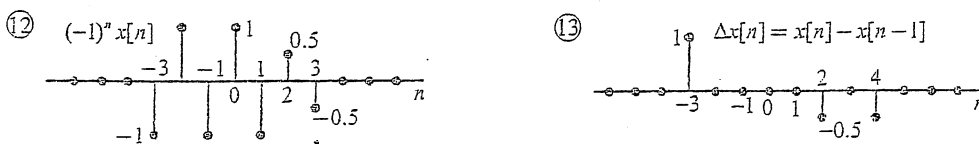
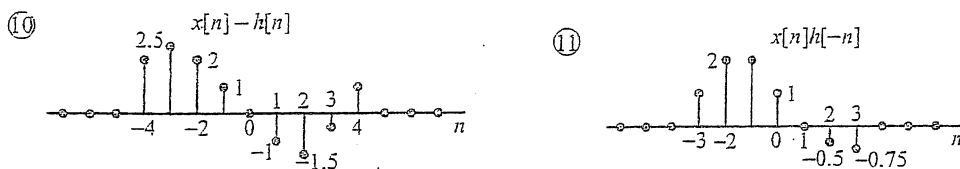
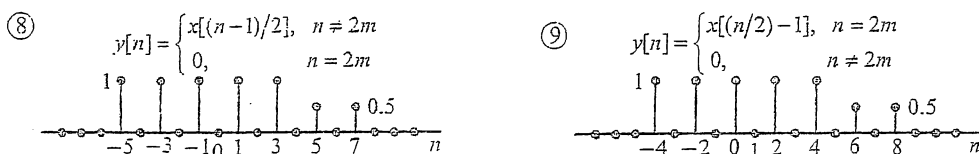
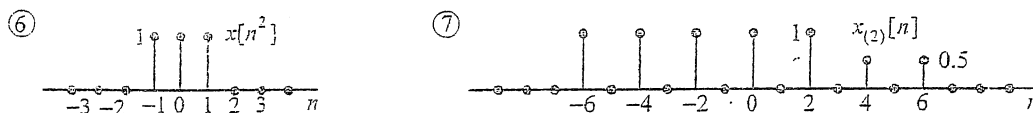
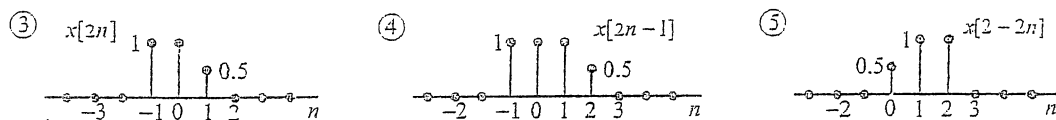
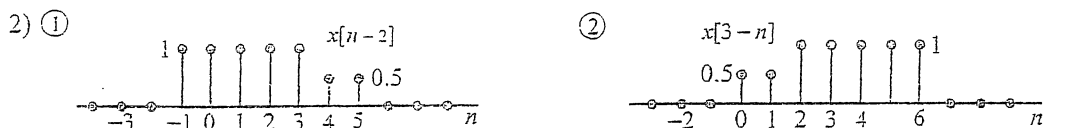
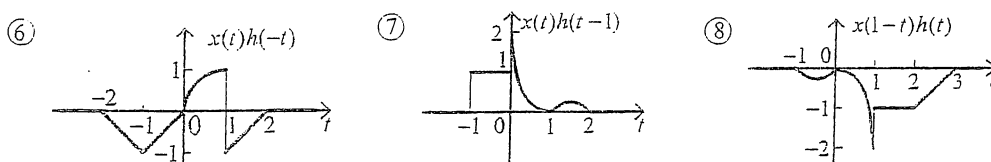
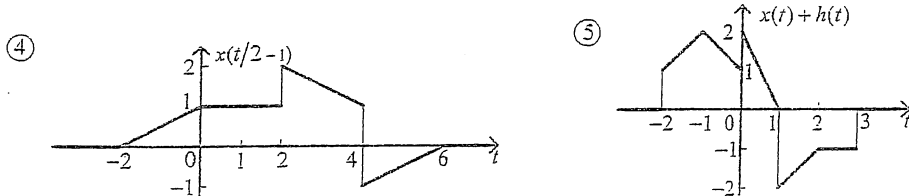
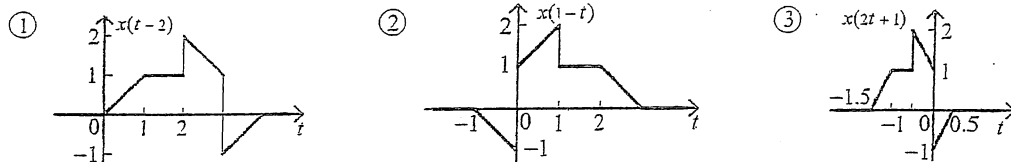
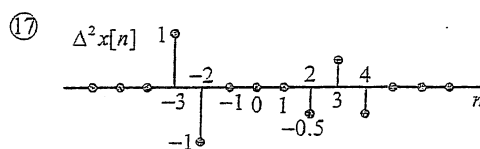
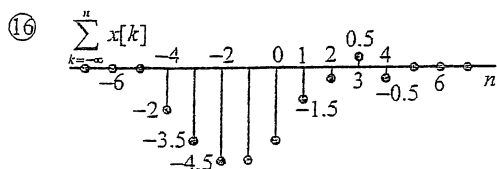
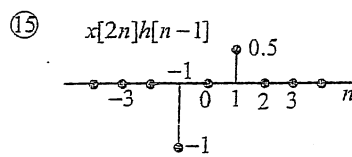
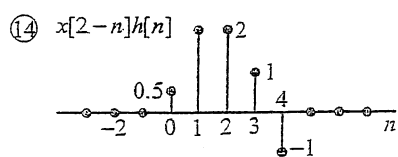


中科大教材习题答案

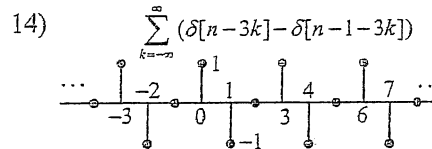
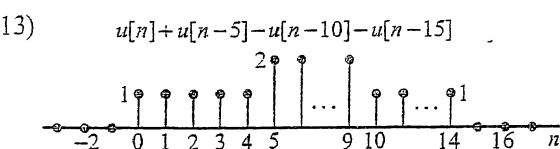
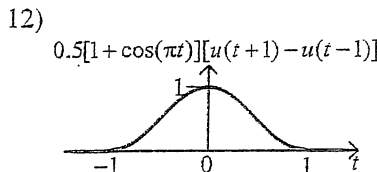
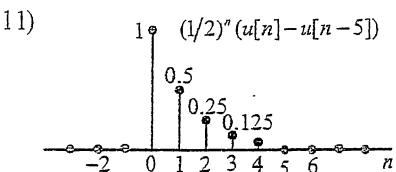
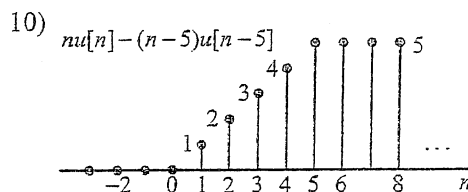
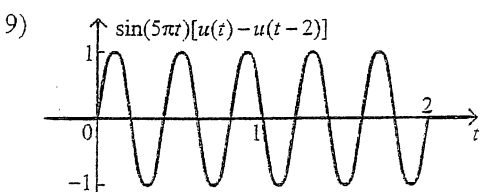
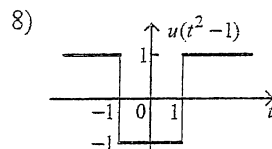
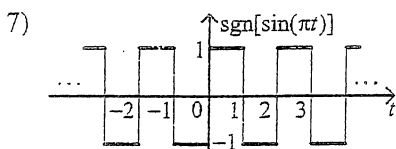
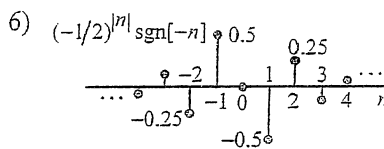
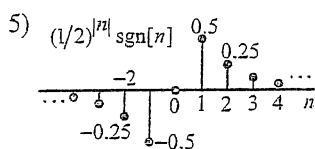
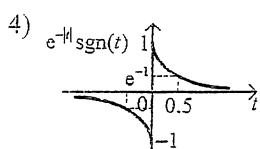
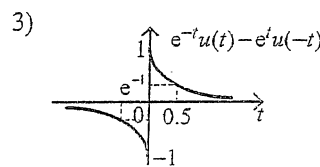
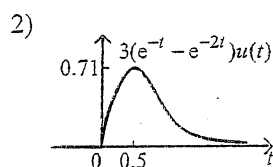
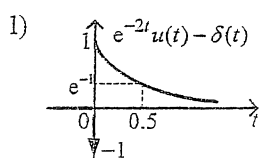
第2章

2.2 1)





2.3



2.4 (a) $tu(t) - (t-1)u(t-1) - u(t-2)$

(c) $\sin(\pi t)u(t) + 2\sin[\pi(t-1)]u(t-1) + \sin[\pi(t-2)]u(t-2)$

(d) $\sum_{k=0}^{\infty} \{\sin[\pi(t-2k)]u(t-2k) + \sin[\pi(t-1-2k)]u(t-1-2k)\}$

(e) $(n+3)u[n+3] - nu[n] - (n-2)u[n-2] + (n-5)u[n-5]$

(b) $u(t+1) + u(t) - u(t-1) - u[t-2]$

f) $u[n] - 2u[n-4] + u[n-8]$

习题答案

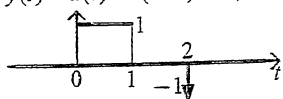
(g) $\sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta[n+2-6k]$ (h) $\sum_{k=-\infty}^{\infty} \{2[u(t+1-2k)-(t+1-2k)u(t+1-2k)+(t-2k)u(t-2k)]-\delta(t-2k)\}$

(i) $\sum_{k=-\infty}^{\infty} \{\delta[n-8k]-2\delta[n-1-8k]+3\delta[n-2-8k]-\delta[n-3-8k]\}$

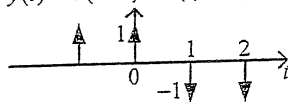
(j) $\sin(\pi t)u(t) + \sin[\pi(t-2)]u(t-2)$

2.5 1)

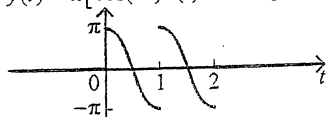
(a) $y(t) = u(t) - u(t-1) - \delta(t-2)$



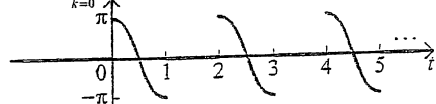
(b) $y(t) = \delta(t+1) + \delta(t) - \delta(t-1) - \delta(t-2)$



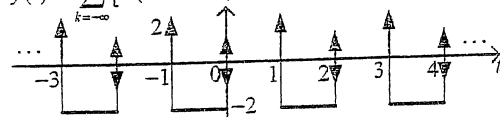
(c) $y(t) = \pi[\cos(\pi t)u(t) + 2\cos[\pi(t-1)]u(t-1) + \cos[\pi(t-2)]u(t-2)]$



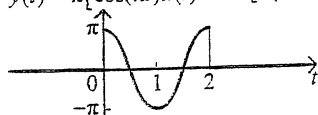
(d) $y(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \pi\{\cos[\pi(t-2k)]u(t-2k) + \cos[\pi(t-1-2k)]u(t-1-2k)\}$



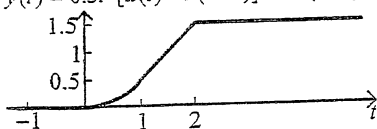
(h) $\bar{y}(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} [\delta(t+1-2k) - 2u(t+1-6k) + 2u(t+1-6k) - \delta'(t-2k)]$



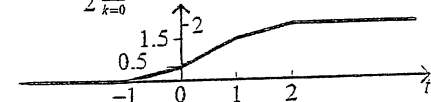
(j) $y(t) = \pi[\cos(\pi t)u(t) + \cos[\pi(t-2)]u(t-2)]$



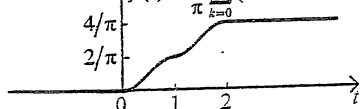
2) (a) $y(t) = 0.5t^2[u(t) - u(t-1)] + 1.5(t-1)u(t-1) - (t-2)u(t-2)$



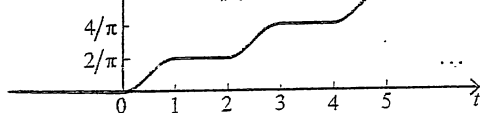
(b) $y(t) = \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k [(t+1-2k)u(t+1-2k) + (t-2k)u(t-2k)]$



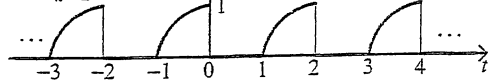
(c) $y(t) = \frac{1}{\pi} \sum_{k=0}^{\infty} \{1 - \cos[\pi(t-k)]\}u(t-k)$



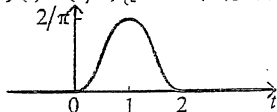
(d)
$$y(t) = \frac{1}{\pi} \sum_{k=0}^{\infty} \{ (1 - \cos[\pi(t-2k)])u(t-2k) + (1 - \cos[\pi(t-1-2k)])u(t-1-2k) \}$$



(h)
$$y(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} [2(t+1-2k)u(t+1-2k) - (t+1-2k)^2 u(t+1-2k) + (t-2k)^2 u(t-2k) - u(t-2k)]$$

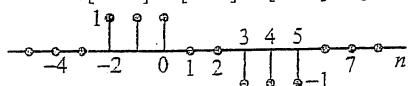


(j)
$$y(t) = (2/\pi) \{ [1 - \cos(\pi t)]u(t) - [1 - \cos[\pi(t-2)]]u(t-2) \}$$

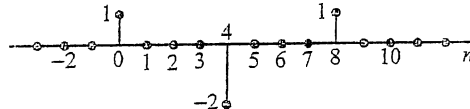


2.6 1)

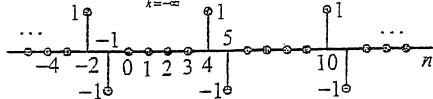
(e)
$$y[n] = \Delta x[n] = u[n+2] - u[n-1] - u[n-3] + u[n-6]$$



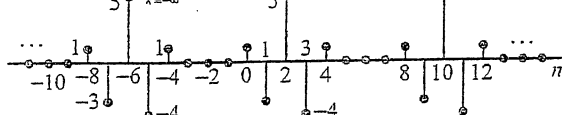
(f)
$$y[n] = \Delta x[n] = \delta[n] - 2\delta[n-4] + \delta[n-8]$$



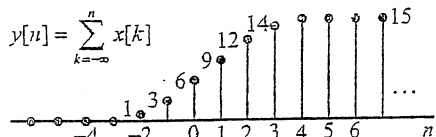
(g)
$$\bar{y}[n] = \Delta \bar{x}[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \{ \delta[n-4-6k] - \delta[n-5-6k] \}$$



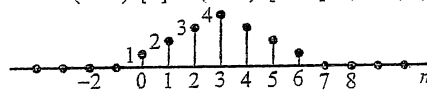
(i)
$$\bar{y}[n] = \Delta \bar{x}[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \{ \delta[n-8k] - 3\delta[n-1-8k] + 5\delta[n-2-8k] - 4\delta[n-3-8k] + \delta[n-4-8k] \}$$



2) (e)



(f)
$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^n x[k] = (n+1)u[n] - 2(n-3)u[n-3] + (n-7)u[n-7]$$



(g)
$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^n x[k] \text{ 不收敛.}$$

(i)
$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^n x[k] \text{ 不收敛.}$$

2.7 (a)
$$\frac{d}{dt}v(t) + \frac{1}{RC_1}v(t) = \frac{d}{dt}e(t)$$

(b)
$$\frac{d^2v(t)}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dv(t)}{dt} + \frac{1}{LC}v(t) = \frac{1}{LC}e(t)$$

(c)
$$\frac{d^2v(t)}{dt^2} + \left(\frac{1}{R_1C_1} + \frac{1}{R_2C_1} + \frac{1}{R_2C_2} \right) \frac{dv(t)}{dt} + \frac{v(t)}{R_1R_2C_1C_2} = \frac{d^2e(t)}{dt^2} + \left(\frac{1}{R_1C_1} + \frac{1}{R_2C_2} \right) \frac{de(t)}{dt} + \frac{e(t)}{R_1R_2C_1C_2}$$

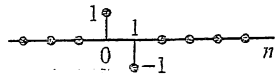
2.8 1) 系统差分方程为 $v[n] - 3v[n-1] + v[n-2] = 0$, $0 \leq n \leq N$; 附加条件为 $v[0] = E$, $v[N] = 0$.

2) 该因果系统的差分方程为 $y[n] - (1+k)y[n-1] = x[n]$, 起始条件为 $y[-1] = 0$.

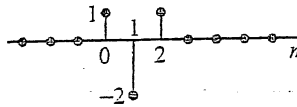
3) 该因果系统的差分方程为 $y[2n] - 2y[2n-1] = x[n]$, 起始条件为 $y[-1] = 0$

2.10

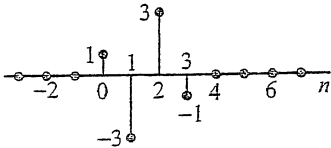
1) $\Delta\delta[n] = \delta[n] - \delta[n-1]$



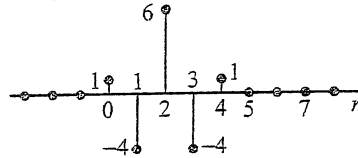
$\Delta^2\delta[n] = \delta[n] - 2\delta[n-1] + \delta[n-2]$



$\Delta^3\delta[n] = \delta[n] - 3\delta[n-1] + 3\delta[n-2] - \delta[n-3]$



$\Delta^4\delta[n] = \delta[n] - 4\delta[n-1] + 6\delta[n-2] - 4\delta[n-3] + \delta[n-4]$



2.11

- 1) 周期信号, $T = \pi/2$ 2) 周期序列, $N = 7$ 3) 周期信号, $T = 2$ 4) 非周期信号
 5) 周期, $T = \pi$ 6) 周期序列, $N = 8$ 7) 周期信号, $T = 3$ 8) 周期序列, $N = 3$
 9) 非周期信号 10) 非周期信号 11) 周期信号, $T = 1$ 12) 非周期信号

2.12

- 1) ① 正确。若 $x(t)$ 周期为 T , 则 $y_1(t)$ 周期为 $T/2$ 。 ② 正确。若 $x(t)$ 周期为 T , 则 $y_2(t)$ 周期为 T 。
 ③ 正确。若 $y_1(t)$ 周期为 T , 则 $x(t)$ 周期为 $2T$ 。 ④ 正确。若 $y_2(t)$ 周期为 T , 则 $x(t)$ 周期为 $T/2$ 。
 2) ① 正确。若 $x[n]$ 周期为 N , 则 $y_1[n]$ 周期为 $N/2$ 。 ② 正确。若 $x[n]$ 周期为 N , 则 $y_2[n]$ 周期为 $2N$ 。
 ③ 不正确。 $x[n] = g[n] + h[n]$, 式中 $g[n] = \begin{cases} 1 & n \text{ 为偶数} \\ 0 & n \text{ 为奇数} \end{cases}$, $h[n] = \begin{cases} (0.5)^n, & n \text{ 为偶数} \\ 0, & n \text{ 为奇数} \end{cases}$ 。
 ④ 正确。若 $y_2[n]$ 周期为 N , 则 $x[n]$ 周期为 $N/2$ 。

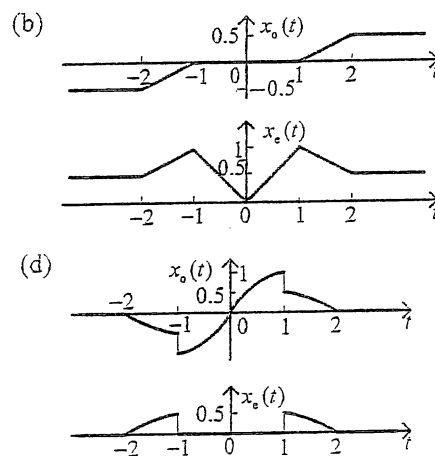
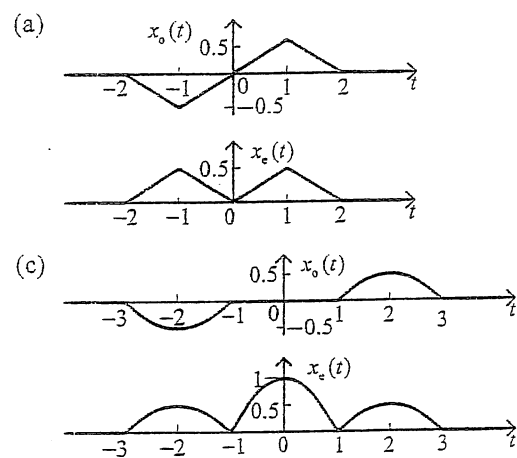
2.13

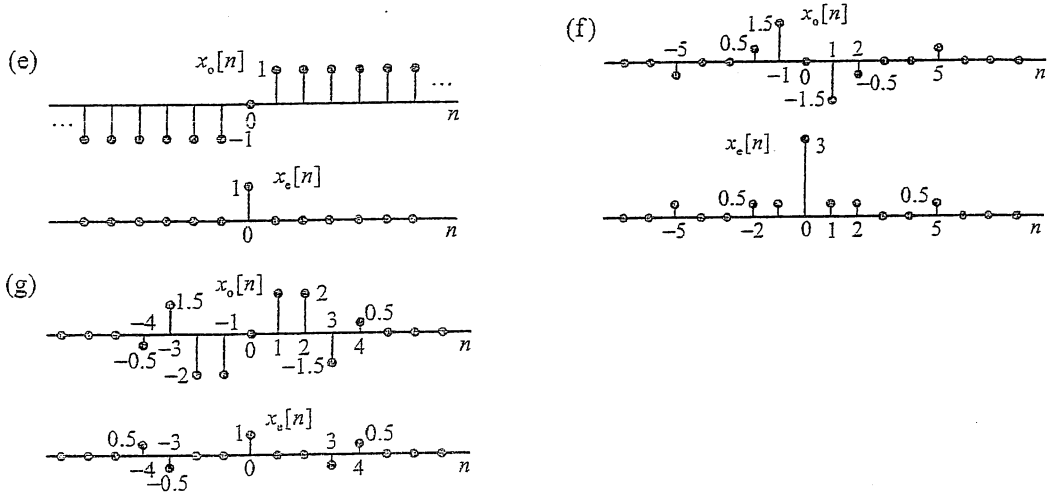
- 1) T_1/T_2 为有理数时 $y(t)$ 为周期信号, 基本周期为 $T_0 = T_1T_2/\text{gcd}(T_1, T_2)$, 其中, $\text{gcd}(T_1, T_2)$ 表示 T_1 和 T_2 的最大公约数, 下同。
 2) N_1/N_2 为有理数时 $y[n]$ 为周期序列, 基本周期为 $N_0 = N_1N_2/\text{gcd}(N_1, N_2)$ 。
 3) $T_0 = T_1T_2/\text{gcd}(T_1, T_2)$ 4) $N_0 = N_1N_2/\text{gcd}(N_1, N_2)$

2.14

- 2) ① 当 $k=0$ 时, $N_0 = \infty$; 当 $k = \pm 7m$ 时, $N_0 = 1$; 其它 k 时, $N_0 = 7$ 。
 ② 当时 $k=0$, $N_0 = \infty$; 当 $k=1, 3, 5, 7$ 时, $N_0 = 8$; 当 $k=2, 6$ 时, $N_0 = 4$; 当 $k=4$ 时, $N_0 = 2$ 。

2.15



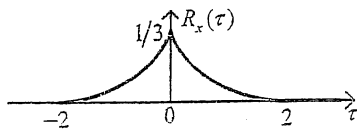


2.16 2) $\tilde{x}[n]$ 的基本周期为 $N_0 = \frac{q}{\gcd(q,p)}$, 基本频率 $\Omega_0 = \frac{2\pi \gcd(q,p)}{q}$. 需要 $\tilde{x}(t)$ 的数目为 $\frac{P}{\gcd(q,p)}$ 个周期, 才能得到组成 $\tilde{x}[n]$ 单个周期的样本值。

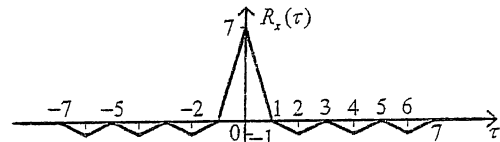
- 2.18
- | | | |
|-----------------|----------------|----------------|
| 1) 能量信号 | 2) 既非能量、又非功率信号 | 3) 既非能量、又非功率信号 |
| 4) 既非能量、又非功率信号 | 5) 能量信号 | 6) 既非能量、又非功率信号 |
| 7) 能量信号 | 8) 能量信号 | 9) 能量信号 |
| 10) 能量信号 | 11) 功率信号 | 12) 能量信号 |
| 13) 既非能量、又非功率信号 | 14) 功率信号 | 15) 功率信号 |
| 16) 能量信号 | | |

2.21 1)

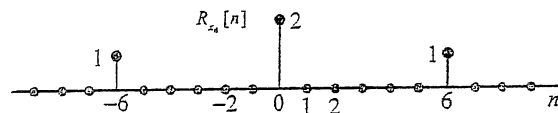
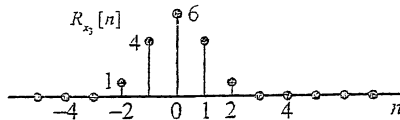
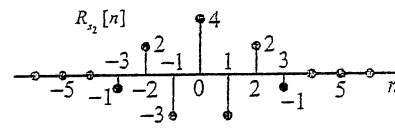
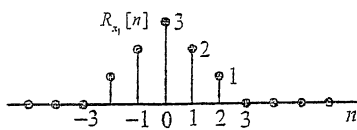
1) ②



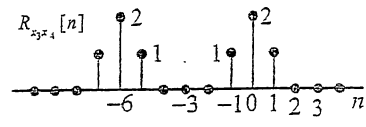
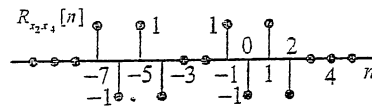
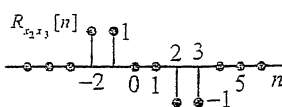
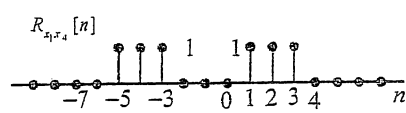
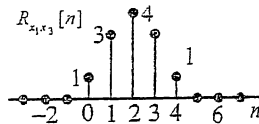
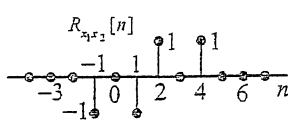
③



2)



3)



习题答案

其它可由性质 $R_{xy}(\tau) = R_{yx}^*(-\tau)$ 得到。

2.22 (a) 正交

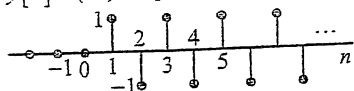
(b) 正交

(c) 非正交

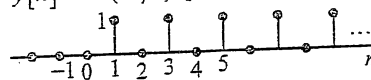
(d) 非正交

2.23

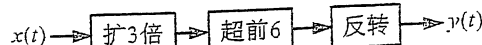
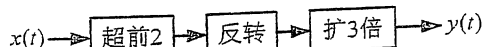
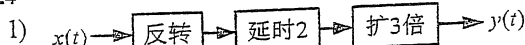
1) $y[n] = (-1)^{n-1}u[n-1]$



2) $y[n] = \sin(\pi n/2)u[n-1]$



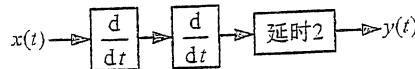
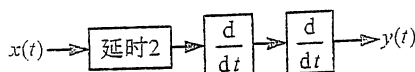
2.24



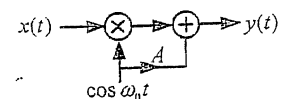
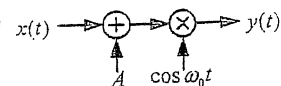
3)



5)



7)



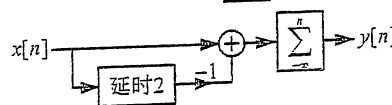
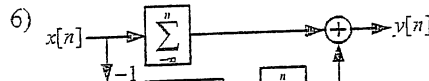
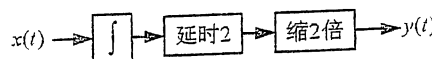
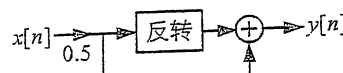
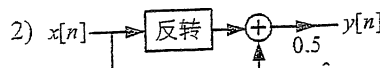
2.25

(a) $y = |x|$, 绝对值电路。

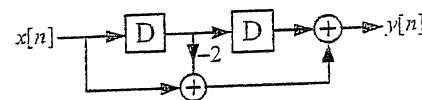
(c) $y = \frac{\ln(1 + \mu|x|)}{\ln(1 + \mu)} \text{sgn}(x)$, μ 律语音幅度压缩器。

2.26

- 1) 无记忆, 因果, 稳定, 非线性, 时不变。
- 3) 有记忆, 非因果, 稳定, 线性, 非时不变。
- 5) 有记忆, 非因果, 稳定, 线性, 非时不变。
- 7) 无记忆, 因果, 稳定, 非线性, 非时不变。
- 9) 无记忆, 因果, 稳定, 非线性(输入为复信号时, 不满足比例性), 时不变。
- 10) 无记忆, 因果, 稳定, 线性, 非时不变。
- 12) 无记忆, 因果, 不稳定, 线性, 非时不变。
- 14) 有记忆, 因果, 稳定, 线性, 时不变。
- 16) 无记忆, 因果, 不稳定, 线性, 时不变。
- 18) 有记忆, 因果, 稳定, 线性, 时不变。



8)



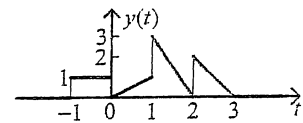
(b) $y = xu(-x)$, 上限幅器。

(d) $y = -2x$, 放大倍数为 -2 的放大器。

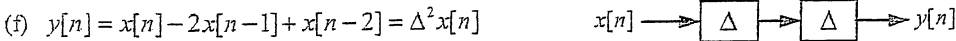
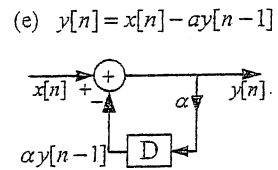
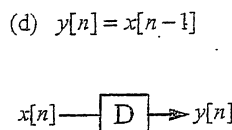
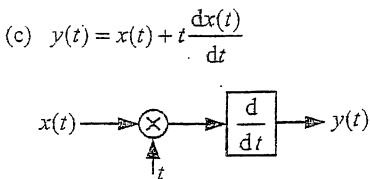
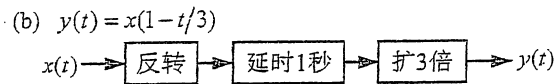
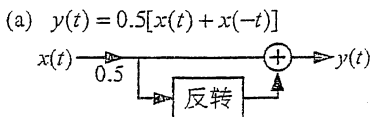
- 2) 有记忆, 因果, 稳定, 非线性, 时不变。
- 4) 有记忆, 非因果, 稳定, 线性, 时不变。
- 6) 无记忆, 因果, 稳定, 线性, 非时不变。
- 8) 有记忆, 非因果, 稳定, 线性, 非时不变。
- 11) 有记忆, 因果, 稳定, 线性, 非时不变。
- 13) 有记忆, 非因果, 不稳定, 线性, 非时不变。
- 17) 有记忆, 因果, 稳定, 线性, 时不变。
- 19) 有记忆, 非因果, 稳定, 线性, 非时不变。

- 20) 有记忆, 非因果, 稳定, 线性, 非时不变。 21) 有记忆, 非因果, 稳定, 线性, 非时不变。
- 2.27 1) 可逆, 其逆系统为 $y(t) = x(t+2)$ 。 2) 可逆, 其逆系统为 $y[n] = x[1-n]$ 。
- 3) 不可逆, 因为对于任意的 $x(t)$ 和 $x(t)u(t+\tau)$, $\tau \geq 0$ 这两个输入信号, 系统有相同的输出信号。
- 4) 不可逆, 因为任意两个在 $n=0$ 时序列值不同, 其余序列值均相同的不同输入信号, 系统输出相同。
- 5) 可逆, 其逆系统为 $y(t) = x(t/2)$ 6) 可逆, 其逆系统为 $y(t) = x(2t)$
- 7) 可逆, 其逆系统为 $y[n] = x[2n]$
- 8) 不可逆, 因为任意在奇数时刻序列值不同, 偶数时刻序列值相同的两个不同输入信号, 系统输出相同。
- 9) 可逆, 其逆系统为 $y(t) = \arccos[x(t)]$
- 10) 不可逆, 因为对于任意的 $x(t)$ 和 $x(t) + \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta[t - (2n-1)(\pi/2\omega_0)]$ 这两个不同的输入信号, 系统有相同的输出信号。
- 11) 不可逆, 例如, 对于 $\delta[n]$ 和 $2\delta[n]$ 这两个不同输入信号, 系统的输出信号都是 $y[n] = 0$ 。
- 12) 不可逆, 例如, 对于任意的奇信号 $x(t)$ 和 $x(t)\text{sgn}(t)$ 这两个不同的输入信号, 系统输出相同。
- 13) 可逆, 其逆系统为 $y(t) = \frac{dx(t/3)}{dt}$ 。
- 15) 不可逆, 因为对于任意在 $n=0$ 及 $n=1$ 时刻序列值相同, 其余时刻序列值均不同的两个输入信号, 系统有相同的输出信号。
- 16) 可逆, 其逆系统为 $y[n] = \begin{cases} x[n+1] & n \geq 1 \\ 0 & n = 0 \\ x[n] & n \leq -1 \end{cases}$ 。
- 17) 不可逆, 因为对于 $n=0$ 刻序列值不同, 其余时刻序列值均相同的两个输入信号, 系统输出相同。。

- 2.28 1) 该系统的信号变换关系为 $y(t) = |x(t) + x(t-1)|$, 故系统是时不变的, 但是非线性系统。
- 2) $y(t)$ 的波形如右图所示。



2.29 1)和 2)



- 2.31 1) ① $y[n] = \begin{cases} x[n] + 0.25x[n-1] & n \text{ 为偶数} \\ 0 & n \text{ 为奇数} \end{cases}$ ② 线性时不变系统

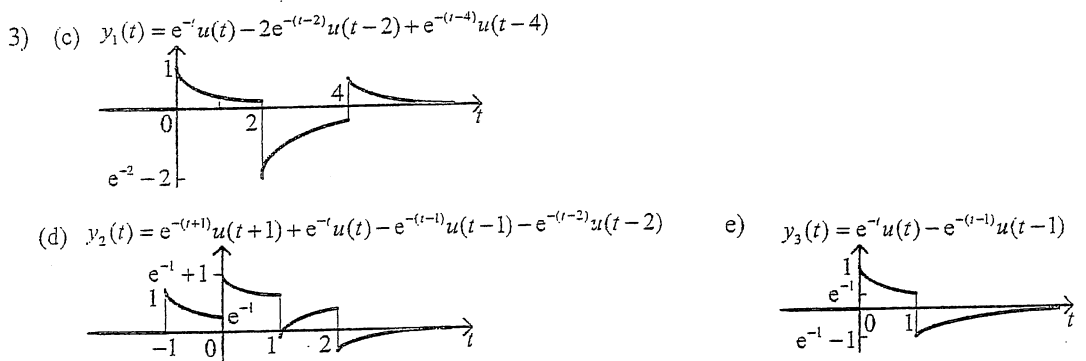
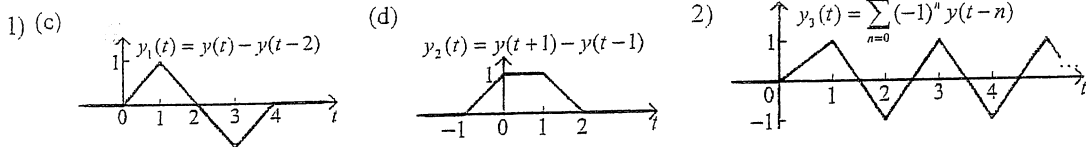
- 2) $y[n] = ax[n+1] + bx[n] + cx[n-1]$
- ① a, b 和 c 为任意常数时, 整个系统总是线性时不变的
- ② 当 $a = c$ 时, 整个系统的输入输出信号变换关系与系统 2 相同。
- ③ 当 $a = 0$ 时, 整个系统是因果系统。

- 2.38 1) 该系统是增量线性系统, 其零输入响应 $y_{zi}[n] = n$; 其中的线性系统为 $y_1[n] = x[n] + 2x[n+4]$ 。
- 2) 该系统是线性的, 不是增量线性系统。

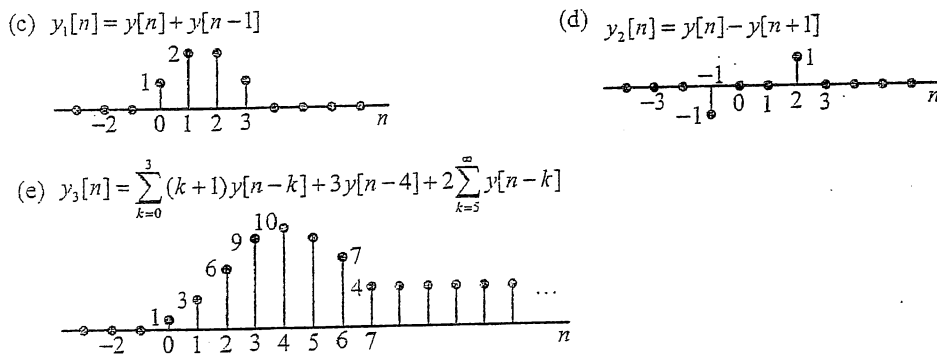
- 3) 该系统的输入输出信号变换关系为 $y[n] = 2x[n]\cos(\pi n) + 1$, 它是增量线性系统, 其零输入响应为 $y_{zi}[n] = n$; 其中的线性系统为 $y_L[n] = 2x[n]\cos(\pi n)$.
- 4) 该系统的信号变换关系可改写为 $y[n] = x[n] - x[n-1] + 3(\text{sgn}[n] + \delta[n])$, 它是增量线性系统, 其零输入响应为 $y_{zi}[n] = 3(\text{sgn}[n] + \delta[n])$; 其中的线性系统为 $y_L[n] = x[n] - x[n-1]$.
- 5) 该系统是增量线性系统, 其零输入响应为 $y_{zi}[n] = \begin{cases} n/2, & n = 2l \\ (n-1)/2, & n \neq 2l \end{cases}$, $l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, 其中的线性系统为 $y_L[n] = \begin{cases} 0, & n = 2l \\ \sum_{k=-\infty}^{n-1} x[k], & n \neq 2l \end{cases}$, $l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$.

第 3 章

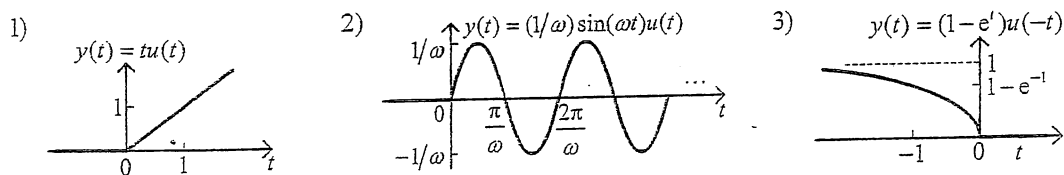
3.1

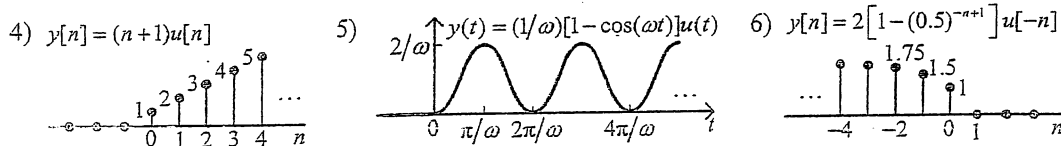


3.2

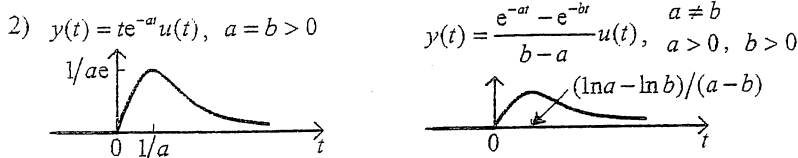
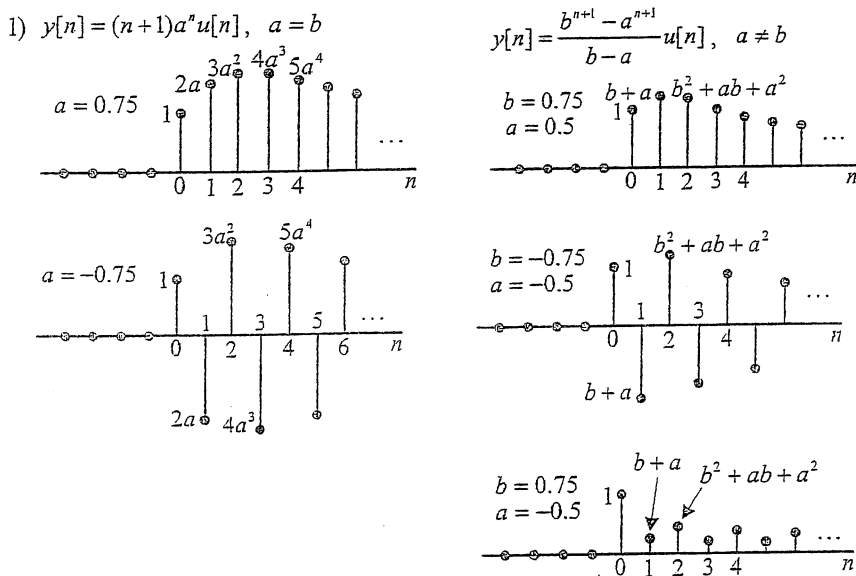


3.3





3.4



3.5

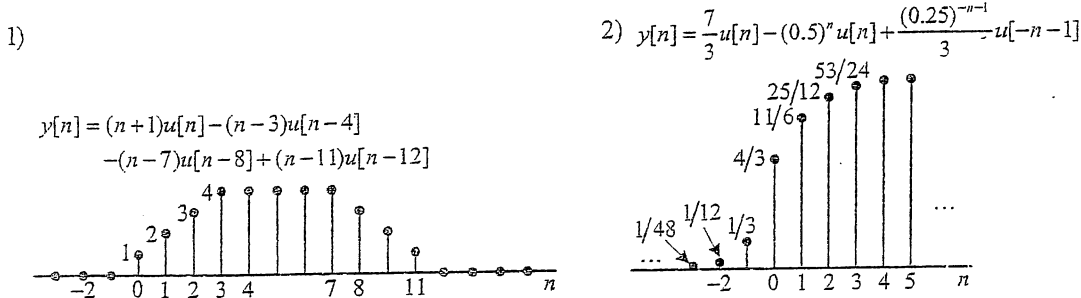
1)

n	< -1	-1	0	1	2	3	4	> 4
$y[n]$	0	1	-1	-1	3	-3	1	0

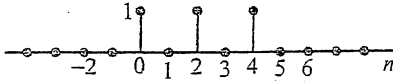
2)

n	< -2	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	> 6
$y[n]$	0	1	1	-1	0	0	3	3	2	1	0

3.6

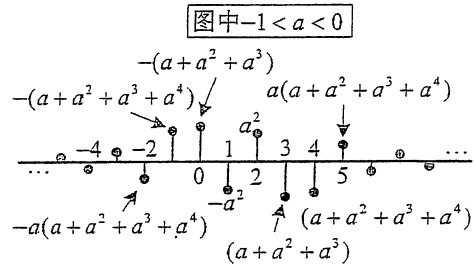
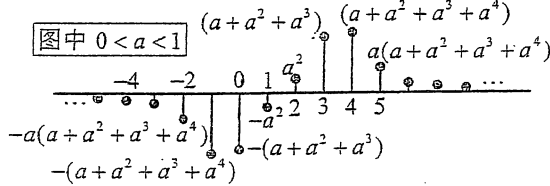


3) $y[n] = 0.5\{[1+(-1)^n](u[n]-u[n-6])\}$

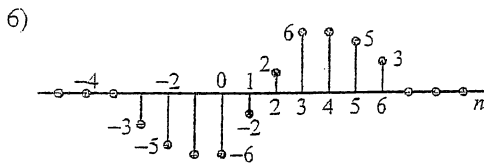
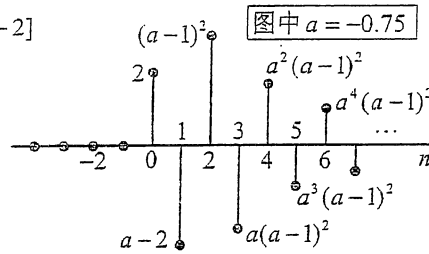
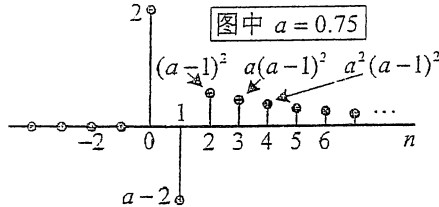


4) $y[n] = a^2(\delta[n-2]-\delta[n-1]) - \sum_{k=1}^3 a^k(\delta[n]-\delta[n-3])$

$+ \sum_{k=1}^4 a^{n-4+k}u[n-4] - \sum_{k=1}^4 a^{-n-1+k}u[-n-1], |a| < 1$

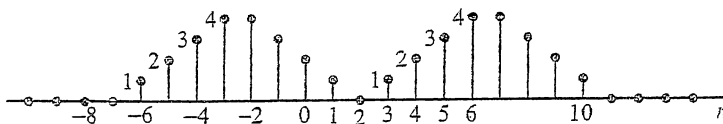


5) $y[n] = 2\delta[n] + (a-1)\delta[n-1] + (a-1)^2 a^{n-2}u[n-2]$



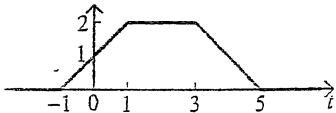
7) $y[n] = \frac{1-a^{n+1}}{1-a}u[n] + \frac{a^N-a^{N-3}}{1-a}u[n-N-4]$
 $-\frac{1-a^{n-3}}{1-a}u[n-4] - \frac{a^N-a^{n-1}}{1-a}u[n-N]$

8) $y[n] = (n+7)n[n+7] - (n+3)u[n+3] - (n+2)u[n+2]$
 $+ 2(n-2)u[n-2] - (n-6)u[n-6] - (n-7)u[n-7] + (n-11)u[n-11]$

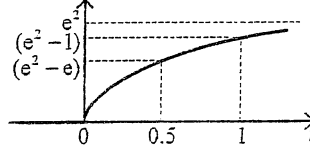


3.7

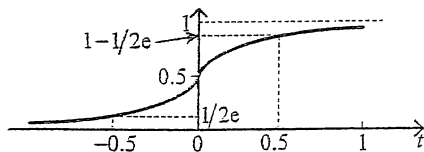
1) $y(t) = (t+1)u(t+1) - (t-1)u(t-1)$
 $- (t-3)u(t-3) + (t-5)u(t-5)$



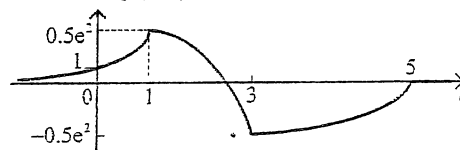
2) $y(t) = e^2(1-e^{-2t})u(t)$



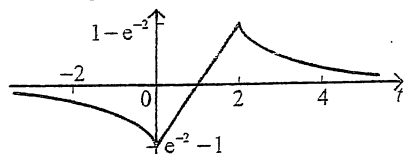
3) $y(t) = u(t-2) + 0.5[e^{2(t-2)}u(2-t) - e^{-2(t-2)}u(t-2)]$



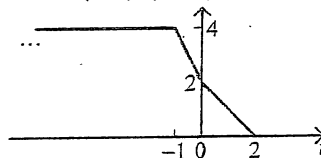
4) $y(t) = 0.5[e^{2t}u(1-t) - 2e^{2(t-1)}u(3-t) + e^{2(t-4)}u(6-t)]$
 $+ 0.5e^2[u(t-1) - 2u(t-3) + u(t-6)]$



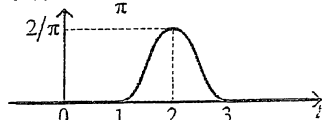
5) $y(t) = -[e^{-t}u(t) + e^t u(-t)] + [e^{-t+2}u(t-2) + e^{t-2}u(-t+2)]$



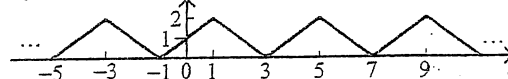
6) $y(t) = -tu(-t) - (t-2)u(-t+2) + 2(t+1)u(-t-1)$



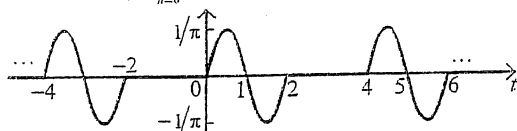
7) $y(t) = \frac{1 + \cos \pi t}{\pi} [u(t-1) - u(t-3)]$



8) $y(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} y_0(t-4n)$, 其中,
 $y_0(t) = [(t+1)u(t+1) - 2(t-1)u(t-1) + (t-3)u(t-3)]$

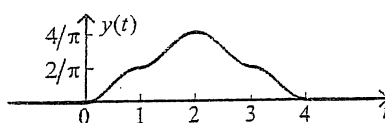


9) $y(t) = \frac{\sin \pi t}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} [u(t-4n) - u(t-4n-2)]$



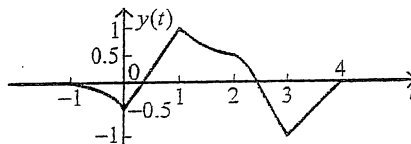
10) $y(t) = e^{-t} \{ [(t-1) - 1 + e^{-(t-1)}]u(t-1) - [(t-2) - 1 + e^{-(t-2)}]u(t-2) \}$
 $- e^{-3} \{ [(t-3) - 1 + e^{-(t-3)}]u(t-3) - [(t-4) - 1 + e^{-(t-4)}]u(t-4) \}$
 $- e^{-1} (1 - e^{-(t-3)})u(t-3) + e^{-3} (1 - e^{-(t-5)})u(t-5)$

11) $y(t) = \frac{1 - \cos \pi t}{\pi} u(t) - \frac{1 - \cos \pi(t-4)}{\pi} u(t-4) + \frac{2[1 - \cos \pi(t-1)]}{\pi} [u(t-1) - u(t-3)]$



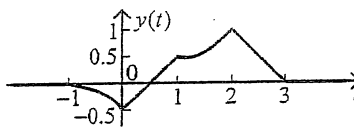
12) $y(t) = y_0(t) - 2y_0(t-1) + y_0(t-2)$, 其中,

$y_0(t) = \frac{(t+1)^2}{2} u(t+1) - \frac{(t-1)^2}{2} u(t-1) - (t+1)u(t+1) - (t-2)u(t-2)$



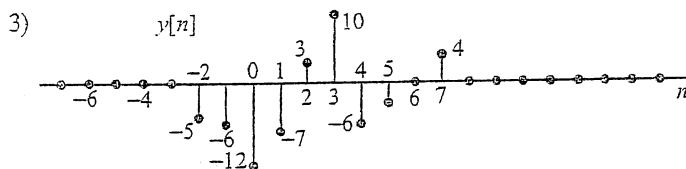
13) $y(t) = y_0(t) - y_0(t-2)$, 其中,

$y_0(t) = \frac{(t+1)^2}{2} u(t+1) - \frac{(t-1)^2}{2} u(t-1) - (t+1)u(t+1) - (t-2)u(t-2)$



3.9 $y[n] = \sin(8n)$

3.10 1) $h[n] = h_1[n] * (h_2[n] - h_3[n] * h_4[n]) + h_5[n]$ 2) $h[n] = 5\delta[n] + 6\delta[n-1] - 4\delta[n-3] + 7u[n-2]$

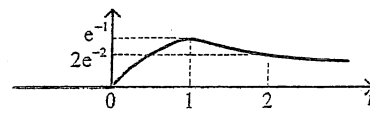


3.11 1) $h(t) = \{ [h_1(t) * h_2(t) - h_3(t) * h_4(t)] * h_5(t) + h_5(t) * h_2(t) \} * h_5(t) - h_3(t) * h_6(t)$

2) $h(t) = (1-t)e^{-t}u(t)$



3) $y(t) = te^{-t}u(t)$



3.12 1) $h(t) = e^{-(t-2)}u(t-2)$

2) $y(t) = (1-e^{-(t-1)})u(t-1) - (1-e^{-(t-2)})u(t-2) - (1-e^{-(t-4)})u(t-4) + (1-e^{-(t-5)})u(t-5)$

3) $y(t) = (1-e^{-(t-1)})u(t-1) - (1-e^{-(t-2)})u(t-2) - (1-e^{-(t-4)})u(t-4) + (1-e^{-(t-5)})u(t-5)$

3.13 1) $a^n x[n] * a^n h[n] = a^n \{x[n] * h[n]\}$, 等式对任何 $x[n]$ 和 $h[n]$ 都成立。

2) $x(t) * [h(t)g(t)] = [x(t) * h(t)]g(t)$, 等式不成立, 例如 $g(t) = u(t)$ 和 $h(t) = \delta(t)$ 。

3) $Ev\{x(t) * h(t)\} = x(t) * Ev\{h(t)\} + Ev\{x(t)\} * h(t)$ 不成立, 例如 $x(t) = \delta(t)$ 和 $h(t) = u(t)$ 。

4) 正确

5) 正确

6) 若 $y[n] = x[n] * h[n]$, 则 $y[2n] = 2x[2n] * h[2n]$ 不成立, 例如 $x[n] = \delta[n]$, $h[n] = u[n]$

3.14 1) 必须已知 $x(t)$ 在区间 $-2 \leq t \leq 1$ 和 $t=2$ 的值。

2) $T_y = T_x + T_h$

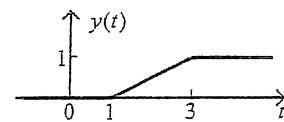
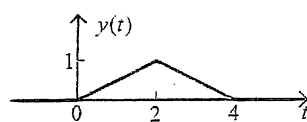
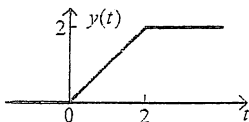
3) $N_y = N_x + N_h - 1$

4) 不成立, 例如: 在连续时间中, 当 $x(t) = \delta(t) + \delta'(t)$ 和 $h(t) = e^{-t}u(t)$ 时, $y(t) = x(t) * h(t) = \delta(t)$; 在离散时间中, 当 $x[n] = \delta[n] - a\delta[n-1]$ 和 $h[n] = a^n u[n]$ 时, $y[n] = x[n] * h[n] = \delta[n]$ 。

3.15 1) 可能的, $y(t) = 2y_0(t)$

2) 可能的, $y(t) = y_0(t) - y_0(t-2)$

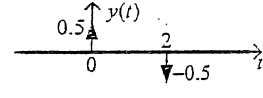
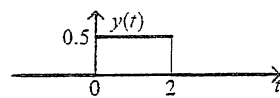
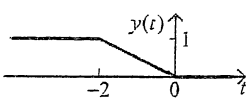
3) 可能的, $y(t) = y_0(t-1)$



4) 可能的, $y(t) = y_0(-t)$

5) 可能的, $y(t) = y_0'(t)$

6) 可能的, $y(t) = y_0''(t)$



3.16

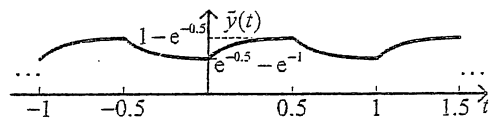
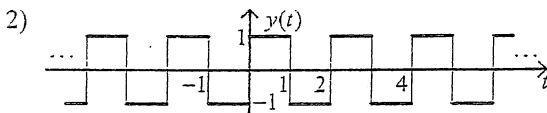
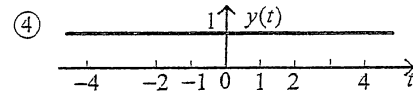
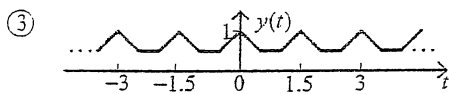
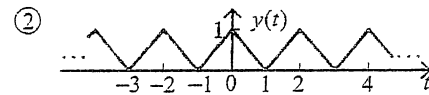
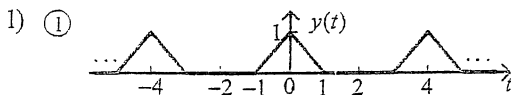
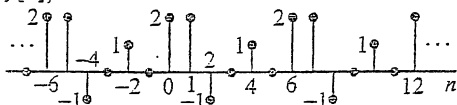


图 PS 3.18-1

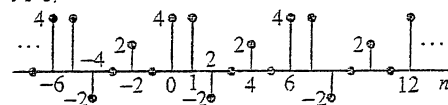
3.18 1) $\bar{y}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} y_0(t-n)$, 如图 PS 3.18-1 所示, 其中,

$$y_0(t) = [(1-e^{-1}) - (1-e^{-0.5})e^{-t}][u(t) - u(t-0.5)] + [(1-e^{-0.5})e^{-(t-0.5)}][u(t-0.5) - u(t-1)]$$

2) $\bar{y}[n]$, $N=6$



3) $\bar{y}[n]$, $N=12$



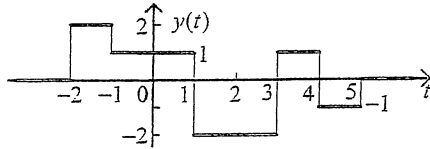
4) 若 $\tilde{y}[n]$ 是以基本周期计算的周期卷积, 则以 k 倍基本周期为周期计算的周期卷积为 $\tilde{y}_k[n] = k\tilde{y}[n]$ 。

3.19 1) $x[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} a_k \phi[n-k]$, 其中, $a_k = x[k] - 0.5x[k-1]$. 2) $y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} (x[k] - 0.5x[k-1])r[n-k]$

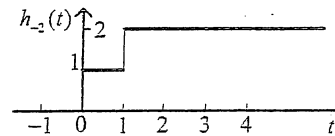
3) $\psi[n] = \delta[k] - 0.5\delta[k-1] = \phi[k] - 0.5\phi[k-1] + 0.25\phi[k-2]$ 4) $h[n] = r[k] - 0.5r[k-1]$

3.20 1) $x(t) = 2p(t+1) + p(t) + 3p(t-1) - p(t-2) + p(t-3)$

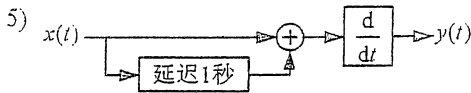
2) $y(t) = 2y_0(t+1) + y_0(t) + 3y_0(t-1) - y_0(t-2) + y_0(t-3)$



3) $h_{-2}(t) = \sum_{k=0}^{\infty} ky_0(t-k)$



4) $s(t) = \frac{d}{dt} h_{-2}(t) = \delta(t) + \delta(t-1)$ $h(t) = \frac{d}{dt} s(t) = \delta'(t) + \delta'(t-1)$



3.23 1) $ax_1(t) + bx_2(t)$

2) $x_1(t-\tau)$

3.25 1) 系统满足线性、时不变性和稳定性, 但是非因果系统。 $h(t) = \frac{1}{2T}[u(t+T) - u(t-T)]$ 。

2) 系统满足线性、时不变性、因果性和稳定性。 $h[n] = \frac{1}{N+1}\{u[n] - u[n-N]\}$ 。

3) 系统满足线性、时不变性和稳定性, 但非因果。 4) 系统满足线性, 但是时变、非因果和不稳定。

5) 系统满足线性和稳定性, 但非因果、时变。

6) 系统满足线性, 但时变、非因果和不稳定。

7) 系统满足时不变性和稳定性, 但是不满足线性和因果性。

3.26 1) 系统因果、稳定。

2) 系统因果、稳定。

3) 系统非因果性、不稳定。

4) 系统非因果性、稳定。

5) 系统稳定, 但非因果。

6) 系统非因果性、不稳定。

7) 系统稳定, 但非因果。

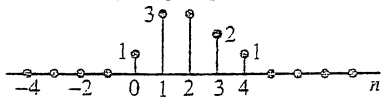
8) 系统稳定, 但非因果。

9) 系统稳定, 但非因果。

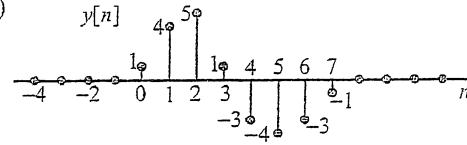
10) 系统因果、稳定。

3.28

1) $h_1[n] = \delta[n] + 3\delta[n-1] + 3\delta[n-2] + 2\delta[n-3] + \delta[n-4]$



2)



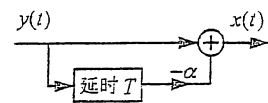
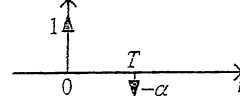
3.30 1) $g_0 = \frac{1}{h_0}$, $g_1 = -\frac{1}{h_0} \frac{h_1}{h_0}$, $g_2 = \frac{1}{h_0} \left(\frac{h_1^2}{h_0^2} - \frac{h_2}{h_0} \right)$, $g_3 = -\frac{1}{h_0} \left(\frac{h_1^3}{h_0^3} - 2 \frac{h_1 h_2}{h_0^2} + \frac{h_3}{h_0} \right)$, ...

2) $h_{inv}(t) = \sum_{k=0}^{\infty} (-0.5)^k \delta(t-kT)$

3) ①

$h(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \alpha^k \delta(t-kT)$

③ $h_{inv}(t) = \delta(t) - \alpha\delta(t-T)$



3.31 2) $h(t) = \pi \cos(\pi t) + 3 \sin(\pi t)$

3) $h(t) = (2e^{-t} - 1)u(t) - \delta(t)$

- 3.32 1) $y(t) = (1.5e^{-3t} - 4e^{-2t} + 2.5e^{-t})u(t)$
 2) $y[n] = 2(\delta[n+1] - \delta[n]) + [0.75(-0.5)^{n-1} - 0.25(0.25)^{n-1}]u[n-1]$
- 3.33 1) $f(t) = e^{-t}u(t) + 2\delta'(t)$ 2) $f(t) = u(t)$ 3) $f(t) = u(t) - u(t-1)$
- 3.34 1) $h(t) = u(t) - 0.5u(t-1) - 0.5u(t-2)$
 $s(t) = tu(t) - 0.5(t-1)u(t-1) - 0.5(t-2)u(t-2)$, 它们的波形如图 PS 3.34-1 所示。

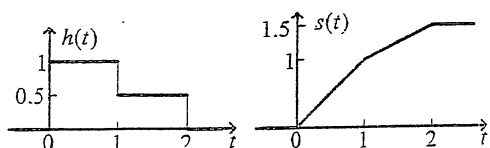


图 PS 3.34-1

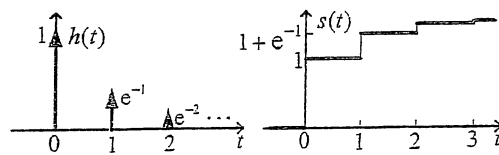


图 PS 3.34-2

- 2) $h(t) = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-n} \delta(t-n)$, $s(t) = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-n} u(t-n)$, 它们的波形如图 PS 3.34-2 所示。
- 3) $h(t) = \sum_{n=0}^{+\infty} \pi \cos[\pi(t-n)]u(t-n)$, $s(t) = \sum_{n=0}^{+\infty} \sin(\pi t)[\pi(t-n)]u(t-n)$, 它们的波形如图 PS 3.34-3 所示。

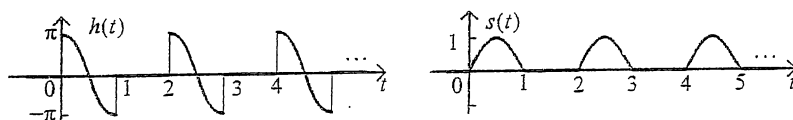


图 PS 3.34-3

- 3.36 1) ① $\delta(2t) = 0.5\delta(t)$ ② $\delta(t/2) = 2\delta(t)$ ③ $\delta[2n] = \delta[n]$ ④ $\delta_{(2),}[n] = \delta[n]$

第 4 章

- 4.1 3) ① $y_H(t) = 0$ ② $y_H(t) = 2e^{-t} - 2e^{-2t}$ ③ $y_H(t) = e^{-t} + 2te^{-t}$
 ④ $y_H(t) = 0.25e^t + 0.75e^{-t} + 1.5te^{-t}$
- 4.2 4) ① $y_H[n] = 2(-0.25)^n - (-0.5)^n$ ② $y_H[n] = 1 - n$ ③ $y_H[n] = 1 + 2n$
 ④ $y_H[n] = 3^n - (n+1)2^n$
- 4.3 1) 当 $x_1(t) = e^{-t}$ 时, $y_1(t) = 0.5e^{-t} + e^{-2t} + 2e^{-3t}$;
 当 $x_2(t) = e^{-t}u(t)$ 时, $y_2(t) = \begin{cases} 0.5e^{-t} + e^{-2t} + 2e^{-3t}, & t \geq 0 \\ 2e^{-2t} + 1.5e^{-3t}, & t < 0 \end{cases}$
- 2) 当 $x_1(t) = e^{-t}$ 时, $y_1(t) = 0.5e^{-t} - e^{-2t} + 0.5e^{-3t}$;
 当 $x_2(t) = e^{-t}u(t)$ 时, $y_2(t) = \begin{cases} 0.5e^{-t} - e^{-2t} + 0.5e^{-3t}, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases}$

- 4.4 1) 当 $x_1[n] = (1/3)^n$, $y[-1] = 0$, $y[-2] = 0$ 时, 后推方程: $y_1[n] = x_1[n] + (3/4)y_1[n-1] - (1/8)y_1[n-2]$, $n = 0, 1, 2, \dots$; 前推方程: $y_1[n-2] = 8x_1[n] + 6y_1[n-1] - 8y_1[n]$, $n = -1, -2, -3, \dots$ 。递推算法求得的序列值表如下:

n	...	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	...
$y_1[n]$	...	216	24	0	0	1	13/12	115/144	865/1728	...

当 $x_2[n] = (1/3)^n u[n]$, $y[-1] = 0$, $y[-2] = 0$ 时, 用相同的后推和前推方程求得的序列值表如下:

n	...	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	...
$y_1[n]$	0	0	0	0	0	1	13/12	115/144	865/1728	...

2) 当 $x_1[n] = (1/3)^n$, $y[-1] = 4$, $y[-2] = 8$ 时, 用相同的后推和前推方程求得的序列值表如下:

n	...	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	...
$y_1[n]$	0	248	40	8	4	3	25/12	187/144	1297/1728	...

当 $x_2[n] = (1/3)^n u[n]$, $y[-1] = 4$, $y[-2] = 8$ 时, 用相同的后推和前推方程求得的序列值表如下:

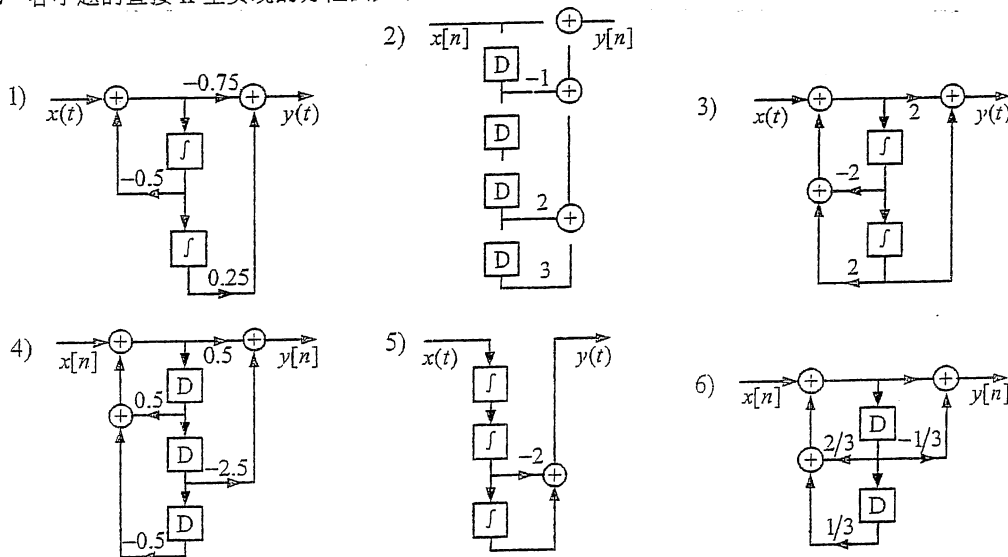
n	...	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	...
$y_1[n]$	...	32	16	8	4	3	25/12	187/144	1297/1728	...

- 4.5 1) $y_1[n] = 6(0.5)^n - 8(1/3)^n + 3(0.25)^n$, $y_2[n] = [6(0.5)^n - 8(1/3)^n + 3(0.25)^n]u[n]$
 2) $y_1[n] = 8(0.5)^n - 8(1/3)^n + 3(0.25)^n$, $y_2[n] = [8(0.5)^n - 8(1/3)^n + 3(0.25)^n]u[n]$
- 4.6 $y[0] = -2y[-1] + x[0] + 2x[-2] = 5$, $y[1] = -2y[0] + x[1] + 2x[-1] = -4$
 $y[2] = -2y[1] + x[2] + 2x[0] = 16$, $y[3] = -2y[2] + x[3] + 2x[1] = -27$
 $y[4] = -2y[3] + x[4] + 2x[2] = 58$, $y[5] = -2y[4] + x[5] + 2x[3] = -115$
 $y[6] = -2y[5] + x[6] + 2x[4] = 230$, $y[7] = -2y[6] + x[7] + 2x[5] = -460, \dots$
- 4.9 1) $h(t) = (e^{-t} - e^{-2t})u(t)$ 2) $h(t) = te^{-t}u(t)$ 3) $h(t) = (1/3)(e^{-t} - e^{-2t})u(t)$ 4) $h(t) = e^{-t}(\sin t)u(t)$
- 4.10 1) $h[n] = [2(0.5)^n - (0.25)^n]u[n]$ 2) $h[n] = [0.75(-1)^n + 0.25(1/3)^n]u[n]$
 3) $h[n] = (n+1)(0.5)^n u[n]$ 4) $h[n] = 0.5[(0.5)^n + (-0.5)^n]u[n]$
- 4.11 1) $h(t) = 3\delta(t) - 5e^{-2t}u(t)$ 2) $h(t) = (3e^{-3t} - e^{-2t})u(t)$ 3) $h(t) = (e^t + e^{-t} + te^{-t})u(t)$
 4) $h(t) = \delta'(t) - 3\delta(t) + (2e^{-t} - e^{-2t})u(t)$ 5) $h(t) = (e^{-t} - 2e^{-2t} + e^{-3t})u(t)$
- 4.12 1) $h[n] = [1.5 - 0.5(-1)^n]u[n]$ 3) $h[n] = (n+3)(0.5)^n u[n]$
 4) $h[n] = \delta[n] + (2 \times 3^n - 2^n)u[n]$ 5) $h[n] = 2(n+1)u[n]$
- 4.14
 1) $y(t) = 1.5 + 2e^{-t} - 2.5e^{-2t}$, $t \geq 0$ 。其中, $y_{zi}(t) = 4e^{-t} - 3e^{-2t}$, $t \geq 0$; $y_{zs}(t) = (1.5 - 2e^{-t} + 0.5e^{-2t})u(t)$ 。
 2) $y(t) = 5e^{-t} - 4e^{-2t}$, $t \geq 0$ 。其中, $y_{zi}(t) = 4e^{-t} - 3e^{-2t}$, $t \geq 0$; $y_{zs}(t) = (e^{-t} - e^{-2t})u(t)$ 。
- 4.15 1) $y(t) = (1+4t)e^{-t}$, $t \geq 0$ 。其中, $y_{zi}(t) = (1+3t)e^{-t}$, $t \geq 0$; $y_{zs}(t) = te^{-t}u(t)$ 。
 2) $y(t) = \frac{7}{4}e^{-t} + \frac{5}{2}te^{-t} - \frac{3}{4}e^{-3t}$, $t \geq 0$ 。 $y_{zi}(t) = (1+3t)e^{-t}$, $t \geq 0$; $y_{zs}(t) = \left[\frac{3}{4}e^{-t} - \frac{1}{2}te^{-t} - \frac{3}{4}e^{-3t}\right]u(t)$ 。
- 4.16 1) ① $y[n] = (17/9)u[n] + (4/9)(-0.5)^n u[n] + (2/3)(n+1)$, $n \geq 0$ 。
 其中, $y_{zi}[n] = [(1/3)(-0.5)^n + (5/3)]u[n]$, $n \geq 0$; $y_{zs}[n] = \{(2/9)[1 - (-0.5)^{n+1}] + (2/3)(n+1)\}u[n]$ 。
 ② $y[n] = 3 - 0.5[(0.5)^n - (-0.5)^n]$, $n \geq 0$ 。
 其中, $y_{zi}[n] = (1/3)[5 + (-0.5)^n]$, $n \geq 0$; $y_{zs}[n] = [(4/3) - 0.5(0.5)^n + (1/6)(-0.5)^n]u[n]$ 。
 2) ① $y[n] = [(1/6) + (4/3)(-0.5)^n - 4.5(-1)^n]$, $n \geq 0$ 。
 其中, $y_{zi}[n] = [2(-0.5)^n - 6(-1)^n]$, $n \geq 0$; $y_{zs}[n] = [(1/6) + (2/3)(-0.5)^n - 1.5(-1)^n]u[n]$ 。
 ② $y[n] = -4(-1)^n$, $n \geq 0$ 。其中, $y_{zi}[n] = 2(-0.5)^n - 6(-1)^n$, $n \geq 0$; $y_{zs}[n] = [2(-1)^n - 2(-0.5)^n]u[n]$ 。
 3) ① $y[n] = (4/3)2^n + (1/6)(-1)^n - 1.5$, $n \geq 0$ 。
 其中, $y_{zi}[n] = -(2/3)2^n - (1/3)(-1)^n$, $n \geq 0$; $y_{zs}[n] = [2 \times 2^n + 0.5(-1)^n - 1.5]u[n]$ 。
 ② $y[n] = (2/3)2^n + (1/3)(-1)^n - (0.5)^n$, $n \geq 0$ 。
 其中, $y_{zi}[n] = -(1/3)[2^{n+1} + (-1)^n]$, $n \geq 0$; $y_{zs}[n] = \{(2/3)[2^{n+1} + (-1)^n] - (0.5)^n\}u[n]$ 。
 4) ① $y[n] = 18(0.5)^n - 17(0.25)^n$, $n \geq 0$ 。
 其中, $y_{zi}[n] = 16(0.5)^n - 16(0.25)^n$, $n \geq 0$; $y_{zs}[n] = [2(0.5)^n - (0.25)^n]u[n]$ 。

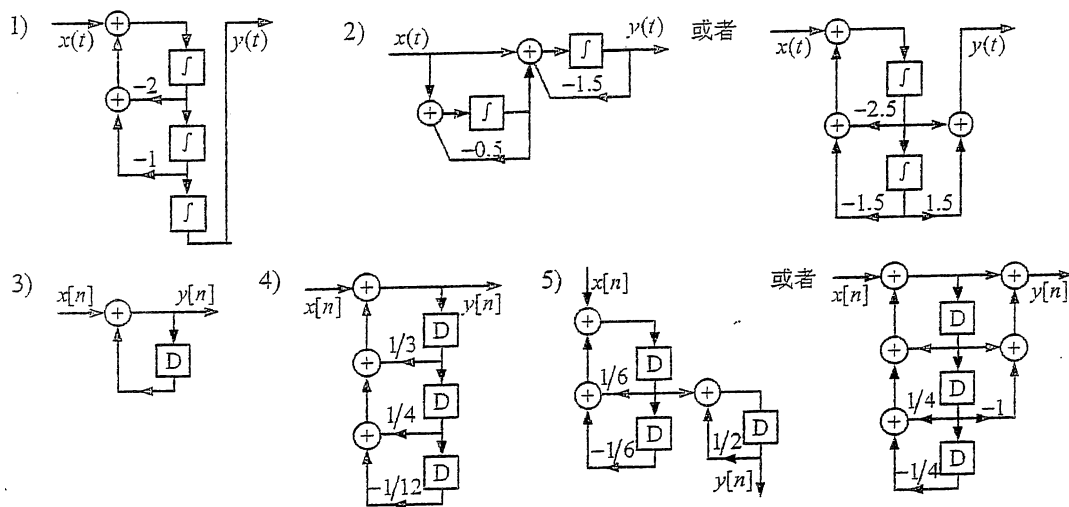
② $y[n] = 22(0.5)^n - 2(n+1)(0.5)^n - 19(0.25)^n, n \geq 0$.

其中, $y_{zi}[n] = 16(0.5)^n - 16(0.25)^n, n \geq 0$; $y_{zs}[n] = [6(0.5)^n - 2(n+1)(0.5)^n - 3(0.25)^n]u[n]$.

4.18 各小题的直接 II 型实现的方框图如下:



4.19 各小题的直接 II 型实现的方框图如下:



4.20 (a) $h(t) = \cos(t)u(t)$

(c) $h(t) = e^{-t}u(t) + e^{-2t}u(t)$

(e) $h(t) = e^{-t}u(t) - e^{-2t}u(t)$

(b) $h[n] = (-0.5)^{n-2}u[n-2]$

(d) $h[n] = (2(-1)^{n-2} - (-0.5)^{n-2})u[n-2] + \delta[n-1]$

(f) $h[n] = (2/3)[1 - (-0.5)^n]u[n-1]$

4.21 1) 连续时间相加器的单位冲激响应矩阵: $h(t) = [\delta(t) \ \delta(t)]$; 系统函数矩阵: $H(s) = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ & 1 \end{bmatrix}$.
离散时间相加器的单位冲激响应矩阵: $h[n] = [\delta[n] \ \delta[n]]$; 系统函数矩阵: $H(z) = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ & 1 \end{bmatrix}$.

4.22 用第一种直接规划法, $\begin{cases} \dot{\lambda}(t) = A\lambda(t) + Bx(t) \\ y(t) = C\lambda(t) + Dx(t) \end{cases}$ 和 $\begin{cases} \lambda[n+1] = A\lambda[n] + Bx[n] \\ y[n] = C\lambda[n] + Dx[n] \end{cases}$. 这里给出各个系统的 A , B , C , D 矩阵.

- 1) $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -0.5 & 0 & 0.5 \end{bmatrix}$ $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ $C = [-0.25 \quad -2.5 \quad 0.25]$ $D = [0.5]$
- 2) $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ $C = [3 \quad 2 \quad 0 \quad -1]$ $D = [1]$
- 3) $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1/3 & 2/3 \end{bmatrix}$ $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ $C = [0 \quad 2/3]$ $D = [1]$
- 4) $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ $C = [1 \quad -2 \quad 0]$ $D = [0]$
- 5) $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 2 & -2 \end{bmatrix}$ $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ $C = [5 \quad -4]$ $D = [2]$
- 6) $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -0.5 \end{bmatrix}$ $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ $C = [0.25 \quad 0.375]$ $D = [-0.75]$

4.23 用第一种直接规划法, $\begin{cases} \dot{\lambda}(t) = A\lambda(t) + Bx(t) \\ y(t) = C\lambda(t) + Dx(t) \end{cases}$ 和 $\begin{cases} \lambda[n+1] = A\lambda[n] + Bx[n] \\ y[n] = C\lambda[n] + Dx[n] \end{cases}$

1) $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -6 & -5 \end{bmatrix}$ $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ $C = [3 \quad 2]$ $D = [0]$

2) 原方程可以化简为: $y'''(t) + 6y''(t) + 11y'(t) + 6y(t) = 2x(t)$

$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -6 & -11 & -6 \end{bmatrix}$ $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ $C = [2 \quad 0 \quad 0]$ $D = [0]$

3) $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1/6 & 5/6 \end{bmatrix}$ $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ $C = [0 \quad -1/6]$ $D = [1]$

4) 原方程可以化简为: $y[n] - 2.5y[n-1] + 2y[n-2] - 0.5y[n-3] = 2x[n] - x[n-1]$

$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0.5 & -2 & 2.5 \end{bmatrix}$ $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ $C = [1 \quad -4 \quad 4]$ $D = [2]$

4.24 在题图 P4.24 中取下列状态变量: 接地电感中的电流 λ_1 (方向自上而下), 水平位置电感中的电流 λ_2 (方向自左而右), 左边电容电压 λ_3 和右边电容电压 λ_4 (方向左正右负), 建立如下的状态方程:

$\dot{\lambda}_1(t) = -\frac{R}{2L}\lambda_1(t) - \frac{1}{2L}\lambda_3(t) + \frac{1}{2L}\lambda_4(t) + \frac{1}{2L}x(t),$ $\dot{\lambda}_2(t) = \frac{1}{L}\lambda_3(t) + \frac{1}{L}\lambda_4(t)$

$\dot{\lambda}_3(t) = \frac{1}{2C}\lambda_1(t) - \frac{1}{C}\lambda_2(t) - \frac{1}{2RC}\lambda_3(t) - \frac{1}{2RC}\lambda_4(t) + \frac{1}{2RC}x(t),$

$\dot{\lambda}_4(t) = -\frac{1}{2C}\lambda_1(t) - \frac{1}{C}\lambda_2(t) - \frac{1}{2RC}\lambda_3(t) - \frac{1}{2RC}\lambda_4(t) + \frac{1}{2RC}x(t);$

和输出方程: $y(t) = -\frac{R}{2}\lambda_1(t) - \frac{1}{2}\lambda_3(t) - \frac{1}{2}\lambda_4(t) + \frac{1}{2}x(t)$ 。系统的 A, B, C, D 矩阵分别为:

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{R}{2L} & 0 & \frac{1}{2L} & \frac{1}{2L} \\ 0 & 0 & \frac{1}{L} & \frac{1}{L} \\ \frac{1}{2C} & -\frac{1}{C} & \frac{1}{2RC} & -\frac{1}{2RC} \\ \frac{1}{2C} & -\frac{1}{C} & \frac{1}{2RC} & -\frac{1}{2RC} \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} \frac{1}{2L} \\ 0 \\ \frac{1}{2RC} \\ \frac{1}{2RC} \end{bmatrix} \quad C = \begin{bmatrix} -\frac{R}{2} & 0 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \end{bmatrix} \quad D = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$$

4.25 用第一种直接规划法,
$$\begin{cases} \dot{\lambda}(t) = A\lambda(t) + Bx(t) \\ y(t) = C\lambda(t) + Dx(t) \\ \lambda(0_-) = Q^{-1}y(0_-) \end{cases}$$

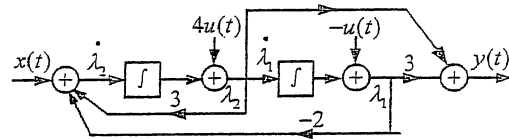


图 PS 4.25

其中的 A, B, C, D 矩阵和起始状态矢量分别为:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad C = [3 \quad 1] \quad D = [0] \quad \lambda(0_-) = \begin{bmatrix} -1 \\ 4 \end{bmatrix}$$

系统的模拟图如图 PS 4.25 所示。

4.26 用第一种直接规划法编写的状态变量模型为:

$$\begin{cases} \lambda[n+1] = A\lambda[n] + Bx[n] \\ y[n] = C\lambda[n] + Dx[n] \end{cases} \quad \text{其中:} \\ \lambda[0] = A^N Q^{-1} y[-k]$$

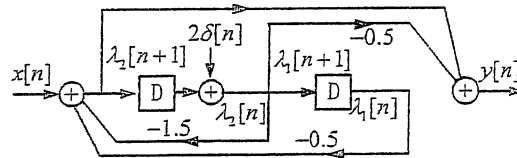


图 PS 4.26

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -0.5 & -1.5 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$C = [-0.5 \quad -2] \quad D = [1] \quad \lambda[0] = \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \end{bmatrix}$$

系统的模拟图如图 PS 4.25 所示。

第 5 章

5.1 1) $RC \frac{dv_o(t)}{dt} + v_o(t) = v_i(t)$ 2) $v_o(t) = \frac{1}{1+j\omega_0 RC} e^{j\omega_0 t}$ 3) $v_o(t) = \frac{V_i}{1+\omega_0^2 R^2 C^2} [\cos \omega_0 t + \omega_0 RC \sin \omega_0 t]$

4) 结果同 2) 和 3)。

5.2 1) 特征函数为 e^{st} , 特征值为 1。

2) 特征函数为 $\sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(t-kT)$, 对应特征值为 1。当特征函数为 $\sum_{k=-\infty}^{\infty} 2^k \delta(t-kT)$, 对应特征值为 $\frac{1}{2}$; 而当

特征函数为 $\sum_{k=-\infty}^{\infty} \left(\frac{1}{2}\right)^k \delta(t-kT)$, 对应特征值为 2:

5.3 1) $\tilde{x}(t) = 0.5e^{-j(\pi/4)t} + 0.5e^{j(\pi/4)t}$; 基波周期 $T=8$, $\omega_0 = \pi/4$ 。连续傅里叶级数系数为:

$$F_1 = 0.5e^{-j(\pi/4)}, \quad F_{-1} = 0.5e^{j(\pi/4)}, \quad F_k = 0, \quad k \neq \pm 1. \quad |F_k| \text{ 和 } \theta_k \text{ 如图 PS 5.3-1 所示。}$$

2) $\tilde{x}(t) = \frac{1}{4} e^{-j\frac{\pi}{4}t} e^{-j8\pi t} + \frac{1}{2} e^{-j\frac{\pi}{4}t} e^{-j6\pi t} + \frac{1}{4} e^{-j\frac{\pi}{4}t} e^{-j4\pi t} + \frac{1}{4} e^{j\frac{\pi}{4}t} e^{j4\pi t} + \frac{1}{2} e^{j\frac{\pi}{4}t} e^{j6\pi t} + \frac{1}{4} e^{j\frac{\pi}{4}t} e^{j8\pi t}$, 基波周期 $T=1$,

$$\omega_0 = 2\pi. \quad \text{连续傅里叶级数系数为: } F_{\pm 2} = 0.25e^{\pm j\frac{\pi}{4}}, \quad F_{\pm 3} = 0.5e^{\pm j\frac{\pi}{4}}, \quad F_{\pm 4} = 0.25e^{\pm j\frac{\pi}{4}}, \quad F_k = 0, \quad k \neq \pm 2, \pm 3, \pm 4.$$

$|F_k|$ 和 θ_k 如图 PS 5.3-2 所示。

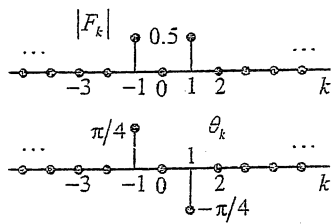


图 PS 5.3-1

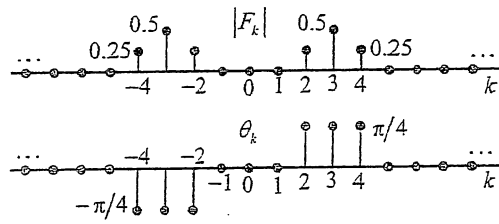


图 PS 5.3-2

3) $\tilde{x}(t) = -0.25e^{-j4\pi t} + 0.5 - 0.25e^{j4\pi t}$, 基波周期 $T=1$, $\omega_0 = 2\pi$ 。连续傅里叶级数系数为: $F_0 = 0.5$, $F_{\pm 2} = -0.25$, $F_k = 0, k \neq 0, \pm 2$ 。 $|F_k|$ 和 θ_k 如图 PS 5.3-3 所示。

4) $\tilde{x}(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \frac{1}{2} [1 - (-1)^k] e^{jk\pi t}$, 基波周期 $T=2$, $\omega_0 = \pi$ 。连续傅里叶级数系数为: $F_k = \frac{1}{2} [1 - (-1)^k]$ 。 $|F_k|$ 和 θ_k 如图 PS 5.3-4 所示。

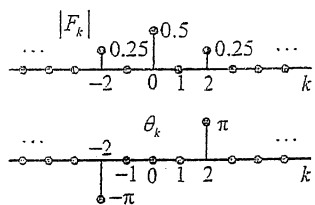


图 PS 5.3-3

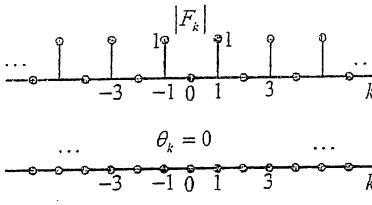


图 PS 5.3-4

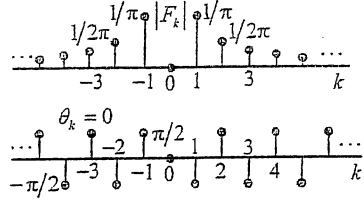


图 PS 5.3-5

5) $\tilde{x}(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} F_k e^{jk\pi t}$, 基波周期 $T=2$, $\omega_0 = \pi$ 。连续傅里叶级数系数为: $F_0 = 0, F_k = \frac{(-1)^k}{k\pi} e^{j\frac{\pi}{2}}$, $k \neq 0$ 。 $|F_k|$ 和 θ_k 如图 PS 5.3-5 所示。

6) $\tilde{x}(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} F_k e^{jk(2\pi/3)t}$, 基波周期 $T=3$, $\omega_0 = \frac{2\pi}{3}$ 。连续傅里叶级数系数为: $F_k = \frac{9}{4k^2\pi^2} \sin\left(\frac{k\pi}{3}\right) e^{j\frac{\pi}{2}}$, $k \neq 0, F_0 = 0.5$ 。 $|F_k|$ 和 θ_k 请读者自行画出。

7) $\tilde{x}(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} F_k e^{jk(\pi/3)t}$, 基波周期 $T=6$, $\omega_0 = \frac{\pi}{3}$ 。连续傅里叶级数系数为: $F_k = \frac{6}{k^2\pi^2} \sin\left(\frac{k\pi}{2}\right) \sin\left(\frac{k\pi}{6}\right)$, $k \neq 0, F_0 = 0.5$ 。 $|F_k|$ 和 θ_k 请读者自行画出。

8) $\tilde{x}(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} F_k e^{jk(\pi/3)t}$, 基波周期 $T=6$, $\omega_0 = \frac{\pi}{3}$ 。CFT 系数为: $F_k = \frac{2e^{-j(k\pi/2)}}{k\pi} \sin\left(\frac{k\pi}{2}\right) \sin\left(\frac{k\pi}{6}\right)$, $k \neq 0, F_0 = 0$ 。 $|F_k|$ 和 θ_k 请读者自行画出。

5.4 1) 半波整流的输出 $\tilde{y}(t)$ 中的直流分量为 $F_0 = A/\pi$; 基波分量为 $(A/\pi) \cos(100\pi t + \theta_0)$ 。

全波整流的输出 $\tilde{y}(t)$ 中的直流分量为 $F_0 = 2A/\pi$; 基波分量为 $(2A/\pi) \cos(200\pi t + 2\theta_0)$ 。

2) 当采用半波整流时, $\frac{V_0}{V_1} \approx \frac{1}{100}$; 而采用全波整流时, $\frac{V_0}{V_1} \approx \frac{1}{200}$

采用全波整流, 不仅直流输出要比半波整流高出一倍, 且输出 $\tilde{v}(t)$ 中的波纹近似等于半波整流之半。

5.5 1) $\tilde{i}(t)$ 的三角形式傅里叶级数系数的幅度(即 k 次谐波正弦电流的幅度)分别为:

$$I_0 = \frac{i_m(\sin\theta - \theta\cos\theta)}{\pi(1-\cos\theta)}; I_1 = \frac{i_m[\theta - (\sin\theta)(\cos\theta)]}{\pi(1-\cos\theta)}; I_k = \frac{2i_m[\sin(k\theta)\cos\theta - k\cos(k\theta)\sin\theta]}{\pi k(k^2-1)(1-\cos\theta)}, k > 1$$

2) 当 θ 分别为 $\pi, 0.5\pi$ 和 $\pi/3$ 时, I_0, I_1 和功率放大器效率 $\eta = 0.5(I_1/I_0)^2$ 求得如下表所示。

θ	π	0.5π	$\pi/3$
I_0	$0.5i_m$	i_m/π	$\approx 0.22i_m$

I_1	$0.5i_m$	$0.5i_m$	$\approx 0.39i_m$
7	0.5	≈ 1.23	≈ 0.304

由此看出当 $\theta = 0.5\pi$ (相当于乙类规律放大器) 时, 规律效率最高。

3) 对于 k 倍频器, θ 应选择使 $I_k(\theta)$ 曲线的峰值处, 例如: $k=2$ 时, $\theta=0.5\pi$; $k=3$ 时, $\theta=\pi/3$ 等。

5.6 1) 周期 $N=8$, 基波频率 $\Omega_0 = \pi/4$ 。在 DFS 系数的周期区间 $[-3, 4]$ 内, DFS 系数为 $\bar{F}_{\pm 1} = 0.5e^{\pm j\pi/4}$,

$\bar{F}_k = 0$, 其余的 k 。 $|\bar{F}_k|$ 和 $\bar{\theta}_k$ 如图 PS 5.6-1 所示。

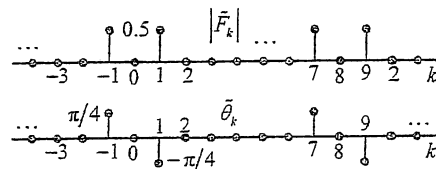


图 PS 5.6-1

2) 周期 $N=21$, 基波频率 $\Omega_0 = 2\pi/21$ 。在 DFS 系数的周期区间 $[-10, 10]$ 内, DFS 系数为 $\bar{F}_{\pm 3} = \bar{F}_{\pm 7} = 0.5$,

$\bar{F}_k = 0, k \neq \pm 3, \pm 7$ 。对所有的 $k, \bar{\theta}_k = 0$; $|\bar{F}_k|$ 如图 PS 5.6-2 所示。

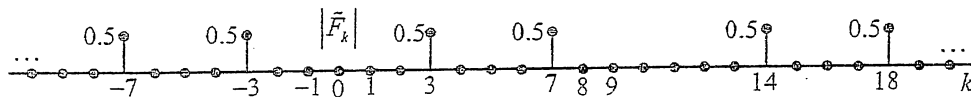


图 PS 5.6-2

3) 因为 $\bar{x}[n] = \cos^2(\pi n) = 1$, 周期 N 可取大于 0 的任意整数。故 $\bar{F}_0 = 1, \bar{F}_k = 0, 0 < k < N$, 图形略。

4) 基波频率 $\Omega_0 = \frac{2\pi}{7}$, DFS 系数为: $\bar{F}_k = \frac{1 \sin(5\pi k/7)}{7 \sin(\pi k/7)} e^{-j\frac{4\pi}{7}k}, k \neq 7m$; 而 $\bar{F}_k = \frac{5}{7}, k = 7m, m \in \text{整数}$ 。

$|\bar{F}_k|$ 和 $\bar{\theta}_k$ 如图 PS 5.6-4 所示。

5) 基波频率 $\Omega_0 = \frac{2\pi}{7}$, DFS 系数为: $\bar{F}_k = \frac{1 \sin(4\pi k/7)}{7 \sin(\pi k/7)} e^{-j\frac{3\pi}{7}k}, k \neq 7m$; 而 $\bar{F}_k = \frac{4}{7}, k = 7m, m \in \text{整数}$ 。

$|\bar{F}_k|$ 和 $\bar{\theta}_k$ 如图 PS 5.6-5 所示。

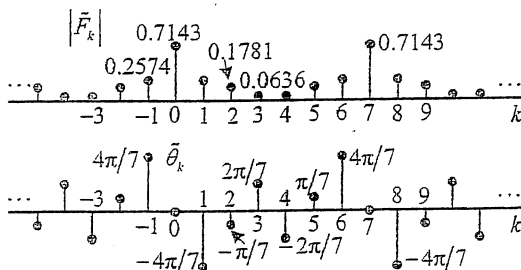


图 PS 5.6-4

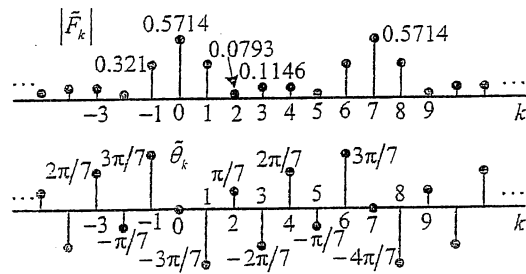


图 PS 5.6-4

5.7 1) $\bar{F}_0 = -0.5, \bar{F}_1 = -0.25(1+j), \bar{F}_2 = 1, \bar{F}_3 = -0.25(1-j)$ 。 2) 与 1) 的结果相同。

3) $\bar{x}[0] = 2, \bar{x}[1] = -1+j, \bar{x}[2] = 4, \bar{x}[3] = -1-j$ 。

5.8 在周期区间 $[0, 7]$ 内, 各小题所求周期序列 $\bar{x}[n]$ 的序列值分别为:

1) $\bar{x}[0] = 0, \bar{x}[1] = 4, \bar{x}[2] = 0, \bar{x}[3] = j4, \bar{x}[4] = 0, \bar{x}[5] = -j4, \bar{x}[6] = 0, \bar{x}[7] = 4$ 。

2) $\bar{x}[0] = 0, \bar{x}[1] = 2.0908 + j2.0908, \bar{x}[2] = -1.7321, \bar{x}[3] = -0.3587 + j0.3587, \bar{x}[4] = 0, \bar{x}[5] = -0.3587 - j0.3587, \bar{x}[6] = -1.7321, \bar{x}[7] = 2.0908 - j2.0908$ 。

3) $\bar{x}[0] = 6, \bar{x}[1] = 0, \bar{x}[2] = 2, \bar{x}[3] = 0, \bar{x}[4] = -2, \bar{x}[5] = 0, \bar{x}[6] = 2, \bar{x}[7] = 0$ 。

4) $\bar{x}[0] = 5.5, \bar{x}[1] = 3.0607, \bar{x}[2] = 1, \bar{x}[3] = 0.9393, \bar{x}[4] = 0.5, \bar{x}[5] = 0.9393, \bar{x}[6] = 1, \bar{x}[7] = 3.0607$ 。

5.10 $\bar{F}_1[k] = \begin{cases} \bar{F}_1[k/2], & k=0, 2, 4, \dots, 2N-2 \\ 0, & k=1, 3, 5, \dots, 2N-1 \end{cases}$, 并已周期为 $2N$ 周期重复。

5.11 1) $F_k = \frac{1}{2(a + jk\pi)} \text{Sa}\left(\frac{k\pi}{2}\right)$ 2) $F_k = \begin{cases} 0.5\text{Sa}(k\pi/2), & -4 \leq k \leq 4 \\ 0, & k < -4 \text{ 和 } k > 4 \end{cases}$

5.12 $W > \frac{2\pi}{T} \times \frac{\log(1 + \alpha^2) - \log(20\alpha^2)}{\log \alpha^2}$

5.13 1) 用图解法将很容易求得 $\bar{y}(t) = 0.5$

2) $\bar{x}(t)$ 的基本频率 $\omega_0 = 2\pi$, 系统的频率响应 $H(\omega) = \text{Sa}^2(\omega/2)e^{-j\omega}$, 则有 $\bar{y}(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} F_k H(k\omega_0) e^{jk\omega_0 t}$. 由于 $H(k\omega_0) = 0, k \neq 0$. 因此, $\bar{y}(t) = F_0 H(0) = 0.5$

5.14 1) 离散时间 LTI 系统的频率响应 $\tilde{H}(\Omega) = \frac{0.75}{1.25 - \cos \Omega}$.

① $\bar{y}[n] \approx 0.3832 \sin(3\pi n/4)$ ② $\bar{y}[n] = (1/3)(-1)^n + 0.6(j)^n$

③ $\bar{y}[n] \approx 0.6 + 0.3188 \cos(0.4\pi n) + 0.1457 \cos(0.8\pi n)$

2) 离散时间 LTI 系统的频率响应 $\tilde{H}(\Omega) = \frac{\sin(5\Omega/2)}{\sin(\Omega/2)}$

① $\bar{y}[n] \approx -0.4142 \sin(3\pi n/4)$ ② $\bar{y}[n] = (-1)^n - (j)^n$ ③ $\bar{y}[n] \approx 0.2$

5.15 1) $X(\omega) = \frac{1}{a - j\omega}$, $|X(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{a^2 + \omega^2}}$, $\varphi(\omega) = \arctan(\frac{\omega}{a})$, $|X(\omega)|$ 和 $\varphi(\omega)$ 如图 PS 5.15-1 所示.

2) $X(\omega) = \frac{-j8\omega}{(\omega^2 - 3)^2 + 16}$, $|X(\omega)| = \frac{8|\omega|}{(\omega^2 - 3)^2 + 16}$, $\varphi(\omega) = \begin{cases} -\pi/2, & \omega > 0 \\ \pi/2, & \omega < 0 \end{cases}$, $|X(\omega)|$ 和 $\varphi(\omega)$ 见图 PS 5.15-2.

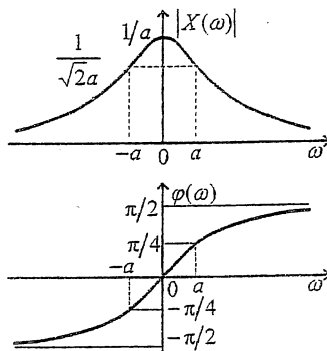


图 PS 5.13-1

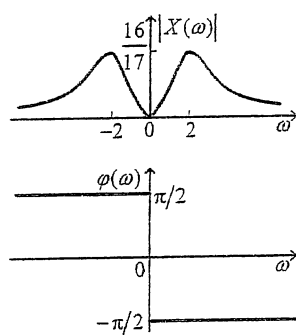


图 PS 5.15-2

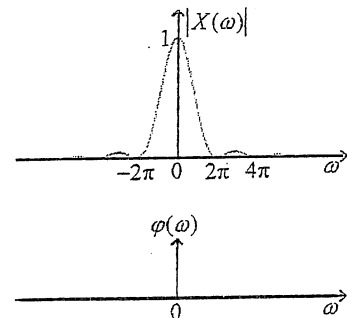


图 PS 5.15-4

3) $X(\omega) = \pi\delta(\omega + \pi)e^{j\pi/2} + \pi\delta(\omega - \pi)e^{-j\pi/2} + \pi\delta(\omega + 2\pi)e^{-j\pi/4} + \pi\delta(\omega - 2\pi)e^{j\pi/4}$, 图略.

4) $X(\omega) = |X(\omega)| = \text{Sa}^2(\omega/2) = 2(1 - \cos \omega)/\omega^2$, $\varphi(\omega) = 0$, $|X(\omega)|$ 和 $\varphi(\omega)$ 如图 PS 5.15-4 所示.

5) $X(\omega) = 3\text{Sa}(3\omega/2)\text{Sa}(\omega/2) = 2[\cos \omega - \cos(2\omega)]/\omega^2$, $|X(\omega)|$ 和 $\varphi(\omega)$ 如图 PS 5.15-5 所示.

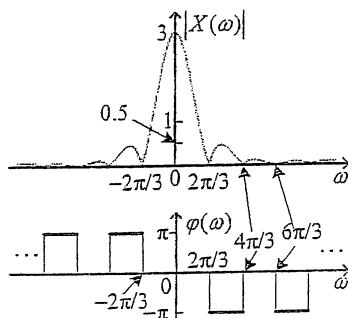


图 PS 5.15-5

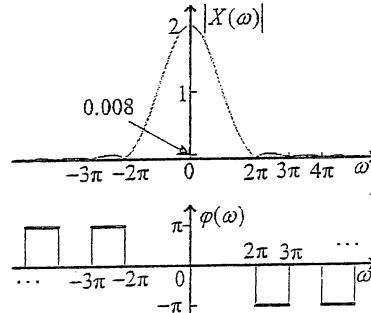


图 PS 5.15-6

6) $X(\omega) = 2\text{Sa}(\omega) + \text{Sa}(\omega + \pi) + \text{Sa}(\omega - \pi) = \frac{\text{Sa}(\omega)}{1 - (\omega/\pi)^2}$, $|X(\omega)|$ 和 $\varphi(\omega)$ 如图 PS 5. 15-6 所示。

7) $X(\omega) = \frac{1}{2} \left[\text{Sa} \left(\frac{\omega + \pi}{2} \right) + \text{Sa} \left(\frac{\omega - \pi}{2} \right) \right] = \frac{2}{\pi} \frac{\cos(0.5\omega)}{1 - (\omega/2\pi)^2}$, $|X(\omega)|$ 和 $\varphi(\omega)$ 如图 PS 5. 15-7 所示。

8) $X(\omega) = j \frac{2}{\omega} [\cos 2\omega - \text{Sa}(\omega)]$, $|X(\omega)|$ 和 $\varphi(\omega)$ 如图 PS 5. 15-8 所示。

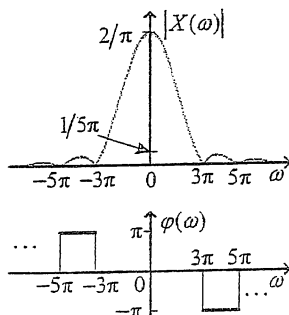


图 PS 5. 15-7

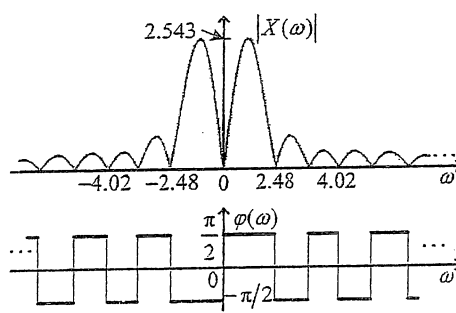


图 PS 5. 15-8

9) $X(\omega) = [1 + e^{j\omega} - 3e^{-j\omega} + e^{-j3\omega}] / j\omega$.

5. 16 1) $x(t) = 0.5e^{j\pi/3} \delta(t+4) + 0.5e^{-j\pi/3} \delta(t-4)$

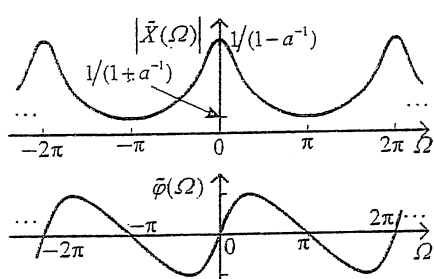
2) $x(t) = (j2/\pi) \sin t + (j3/\pi) \sin(2\pi t)$

3) $x(t) = \frac{W}{4\pi^2} \text{Sa}^2 \left(\frac{Wt}{2} \right)$

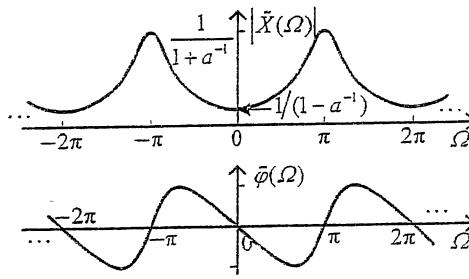
4) $x(t) = \frac{j}{\pi} \left(\frac{\sin(2t) - \sin t}{t^2} - \frac{\cos(3t)}{t} \right)$

5) $x(t) = \frac{1}{\pi} \text{Sa}(t-2) - \frac{1}{4\pi^2} \text{Sa}^2 \left(\frac{t-2}{2} \right) = \frac{\sin(t-2)}{\pi(t-2)} - \frac{1 - \cos(t-2)}{8\pi^2(t-2)^2}$

5. 17 1) $\tilde{X}(\Omega) = \frac{1}{1 - a^{-1}e^{j\Omega}}$; $|\tilde{X}(\Omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + a^{-1} - 2a^{-1}\cos\Omega}}$, $\tilde{\varphi}(\Omega) = \arctan \left(\frac{a^{-1}\sin\Omega}{1 - a^{-1}\cos\Omega} \right)$ 。当 $0 < a^{-1} < 1$ 和 $-1 < a^{-1} < 0$ 时的 $|\tilde{X}(\Omega)|$ 和 $\tilde{\varphi}(\Omega)$ 分别如图 PS 5. 17-1(a)和(b)所示。



(a) $0 < a^{-1} < 1$



(b) $-1 < a^{-1} < 0$

图 PS 5. 17-1

2) $\tilde{X}(\Omega) = \frac{\sin(5\Omega/2)}{\sin(\Omega/2)} e^{-j2\Omega}$, $|\tilde{X}(\Omega)|$ 和 $\tilde{\varphi}(\Omega)$ 如图 PS 5. 17-2 所示。

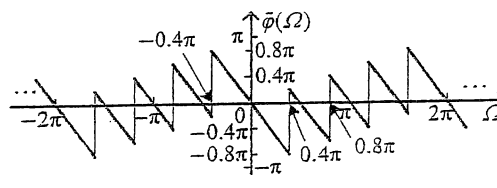
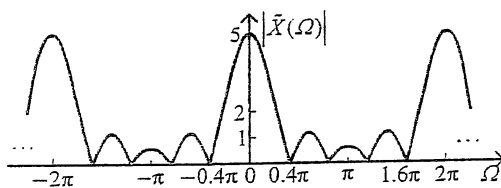


图 PS 5. 17-2

3) $\bar{X}(\Omega) = \pi \sum_{k=-\infty}^{\infty} \left[\delta\left(\Omega + \frac{4\pi}{7} - 2k\pi\right) + \delta\left(\Omega - \frac{4\pi}{7} - 2k\pi\right) + j\delta(\Omega + 2 - 2k\pi) - j\delta(\Omega - 2 - 2k\pi) \right]$

4) $\bar{X}(\Omega) = \frac{1}{1 - 0.125e^{-j3\Omega}}$ 5) $\bar{X}(\Omega) = \frac{\sin^2(N\Omega/2)}{\sin^2(\Omega/2)}$ 6) $\bar{X}(\Omega) = (j2)^N \sin^N\left(\frac{N\Omega}{2}\right) e^{-j\frac{N\Omega}{2}}$

7) $\bar{X}(\Omega) = \frac{1}{2N} \left[\frac{\sin(N\Omega)}{\sin(\Omega/2)} + \frac{1 \sin[N(\Omega - \pi/N)]}{2 \sin[(\Omega - \pi/N)/2]} + \frac{1 \sin[N(\Omega + \pi/N)]}{2 \sin[(\Omega + \pi/N)/2]} \right]$, $\bar{X}(\Omega)$ 如图 PS 5.17-7 所示。

5.18

1) $x[n] = 4\delta[n+2] + \delta[n] - \delta[n-3] - 3\delta[n-6]$

2) $x[n] = \frac{1}{4}\delta[n+2] + \frac{1}{2}\delta[n] + \frac{1}{4}\delta[n-2]$

3) $x[n] = \frac{(-1)^{n+1}}{2\pi(n^2-1/4)} + \frac{\delta[n+1] - \delta[n-1]}{2}$

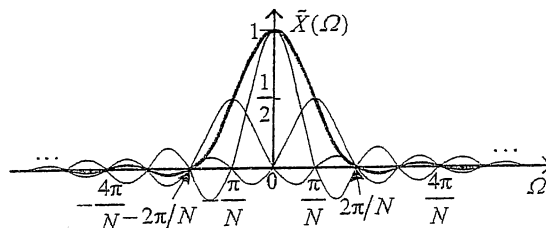


图 PS 5.17-7

4) $x[n] = \frac{(-1)^n}{\pi(n-0.5N+0.5)^2} \left[\pi \left(n - \frac{N-1}{2} \right) \cos\left(\frac{N-1}{2}\pi\right) + \sin\left(\frac{N-1}{2}\pi\right) \right]$

5) $x[n] = \delta[n] - \frac{W}{\pi} \text{Sa}(Wn) = \frac{\pi - W}{\pi} \text{Sa}[(\pi - W)n]$ 6) $x[n] = \frac{1}{2\pi} \left[1 + (-1)^n - 2 \cos\left(\frac{\pi n}{2}\right) \right]$

5.19 2) $\Phi(\omega) = \frac{2A[\cos(\omega t_1) - \cos(\omega t_2)]}{(t_2 - t_1)\omega^2}$

5.21 1) 该连续时间 LTI 系统的频率响应为 $H(\omega) = \begin{cases} 1, & |\omega| < 2\pi \times 10^3 \\ 0, & |\omega| > 2\pi \times 10^3 \end{cases}$

- ① (i) $y(t) = \cos(\pi \times 10^3 t)$ (ii) $y(t) = 1 + 0.5 \cos(0.75\pi \times 10^3 t) + 0.25 \cos(1.5\pi \times 10^3 t)$
 (iii) $y(t) = 0.5 + (2/\pi) \cos(1.5\pi \times 10^3 t)$ (iv) $y(t) = 0.5$
- ② (i) $y(t) = (2/9) \text{Sa}(2\pi \times 10^3 t)$ (ii) $y(t) = 1 + 0.5 \cos(0.75\pi \times 10^3 t) + 0.25 \cos(1.5\pi \times 10^3 t)$
 (ii) $Y(\omega) = \sin(0.5 \times 10^{-3} \omega) H(\omega)$, 故 $y(t) = j0.5[h(t - 0.5 \times 10^3) - h(t - 0.5 \times 10^3)]$.
 (iii) $Y(\omega) = \begin{cases} |\omega| / (2\pi \times 10^3), & |\omega| < 2\pi \times 10^3 \\ 0, & |\omega| > 2\pi \times 10^3 \end{cases}$, $y(t) = \frac{1}{\pi} \text{Sa}(2\pi \times 10^3 t) - \frac{1}{4\pi^2} \text{Sa}^2(\pi \times 10^3 t)$

2) 该离散时间 LTI 系统的频率响应为 $\hat{H}(\Omega) = \begin{cases} 1, & |\Omega| < \pi/3 \\ 0, & \pi/3 < |\Omega| \leq \pi \end{cases}$

- ① $y[n] \approx 0.625 + 0.6036 \cos(\pi n/4)$ ② $y[n] = 0.25 + 0.5 \cos(\pi n/4)$
 ③ $y[n] = -0.125 \cos(3\pi n/4)$ ④ $y[n] = 1 + 0.5 \sin(\pi n/4)$
 ⑤ $y[n] = h[n+1] + h[n-1] = \frac{\sin[\pi(n+1)/3]}{\pi(n+1)} + \frac{\sin[\pi(n-1)/3]}{\pi(n-1)}$

5.22 1) 这三个不同 $h(t)$ 的 LTI 系统对 $x(t) = \cos t$ 的响应都是 $y(t) = \sin t$ 。

2) 根据 1) 小题的结果, 以及 LTI 系统的性质, 单位冲激响应 $\hat{h}(t)$ 是 1) 小题给出的三个 $h(t)$ 的任意归一化线性组合的 LTI 系统, 对 $x(t) = \cos t$ 都有同样的响应 $y(t) = \sin t$ 。例如: $\hat{h}(t) = 0.5[h_1(t) + h_2(t)]$;
 $\hat{h}(t) = [h_1(t) + h_2(t) + h_3(t)]/3$; $\hat{h}(t) = h_1(t) + h_2(t) - h_3(t)$ 等等。

5.25 1) ① (i) 低通截止频率 $\omega_{-3dB} = 0.1$ (ii) 低通截止频率 $\omega_{-3dB} = 1$

- 2) ③ (i) 相位超前 (ii) 相位滞后 (iii) 相位滞后
 (iv) 相位滞后 (v) 相位滞后 (iii) 相位滞后
- 5.26 1) $X[0]=2, X[1]=-1-j, X[2]=4, X[3]=-1+j$.
 2) $x[0]=1, x[1]=0, x[2]=2, x[3]=-1$.
- 5.28 当 $N=6$ 和 $N=8$ 时 $x[n]$ 的 DFT 系数 $X_g[k]$ 和分别如图 PS 5.28(a) 和 (b) 所示。

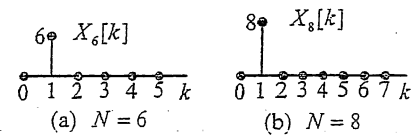


图 PS 5.28

5.29 1)
$$Y_1[k] = X(e^{j\Omega}) \Big|_{\Omega=k\frac{2\pi}{MN}} = \sum_{m=0}^{N-1} X[m] \frac{\sin\{N[k(\pi/MN) - m(\pi/N)]\}}{\sin\{k(\pi/MN) - m(\pi/N)\}} e^{-j(N-1)(k\frac{\pi}{MN} - m\frac{\pi}{N})}$$

$$= \sum_{m=0}^{N-1} X[m] \frac{\sin\{[(k/M) - m]\pi\}}{\sin\{[(k/M) - m](\pi/N)\}} e^{-j\frac{(N-1)\pi}{N}(\frac{k}{M} - m)}, \quad k=0, 1, 2, \dots, MN-1$$

其中, $X(e^{j\Omega})$ 是 N 点序列 $x[n]$ 的离散时间傅里叶变换, 即 $X(e^{j\Omega}) = \sum_{n=0}^{N-1} X[n]e^{-j\Omega n}$.

- 2) $Y_2[k] = X([k]_N)$, $k=0, 1, 2, \dots, MN-1$, 即 $Y_2[k]$ 是 $X[k]$ ($x[n]$ 的 N 点 DFT 系数) 重复 M 次构成的 MN 点 DFT 系数。
- 3) $Y_3[k] = \begin{cases} MX[k/M], & k=lm \\ 0, & k \neq lm \end{cases}, k=0, 1, 2, \dots, MN-1$, 即 $Y_3[k]$ 是 $X[k]$ 的相邻系数之间内插 $M-1$ 个零值构成的 MN 点 DFT 系数。

5.30 2) 借助给出的正交矩阵 P , 导出的另一种“基 2”DIT-FFT 算法的 8 点 FFT 的三级运算矩阵表达式为: $X = \hat{W}_{8T3} \hat{W}_{8T2} \hat{W}_{8T1} E x$, 其中, E 为倒位序矩阵, 三级运算矩阵 \hat{W}_{8T1} 、 \hat{W}_{8T2} 和 \hat{W}_{8T3} 分别为

$$\hat{W}_{8T1} = \begin{bmatrix} 1 & W_8^0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & W_8^0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & W_8^0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & W_8^0 \\ 1 & W_8^4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & W_8^4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & W_8^4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & W_8^4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\hat{W}_{8T2} = \begin{bmatrix} 1 & W_8^0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & W_8^0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & W_8^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & W_8^2 \\ 1 & W_8^4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & W_8^4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & W_8^6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & W_8^6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -j \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & j \end{bmatrix}$$

$$\hat{W}_{8T3} = \begin{bmatrix} 1 & W_8^0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & W_8^1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & W_8^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & W_8^3 \\ 1 & W_8^4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & W_8^5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & W_8^6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & W_8^7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & W_8^1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & W_8^3 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & W_8^5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & W_8^7 \end{bmatrix}$$

3) 这种“基2” DIT-FFT 算法的运算流图如图 PS 5.30 所示。

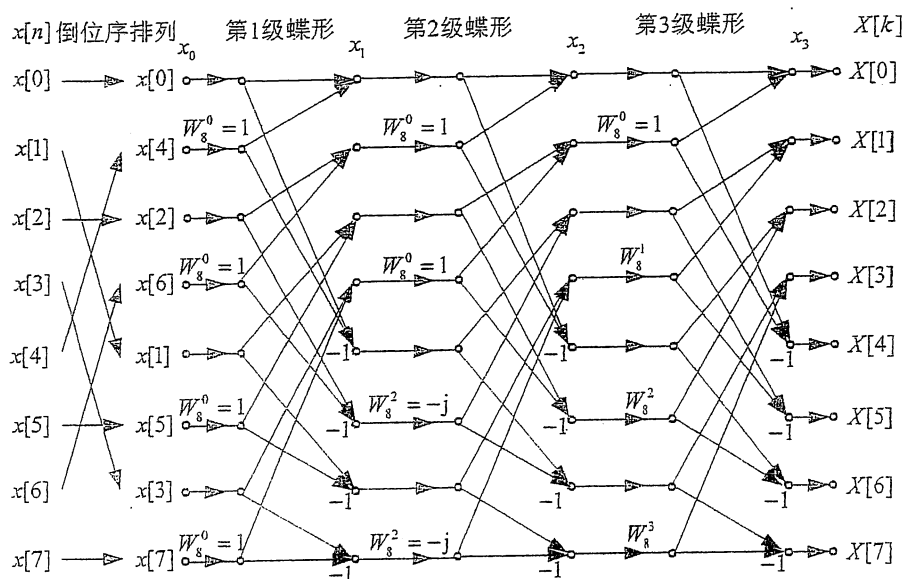


图 PS 5.30

这种算法输入需要倒位序，输出是正序；并且各级运算蝶形的几何形状几乎完全一致，因而可以按顺序存取数据，级与级之间无需做变址取数处理，只要改变其旋转因子即可；但是，由于它不满足原位运算要求，故存取单元至少要 $2N$ 个。

5.31 1) $X = W_{8T} W_{4T} W_{2T} E x = W x = W^T x = E W_{2T}^T W_{4T}^T W_{8T}^T x$

其中， W_{2T} 、 W_{4T} 和 W_{8T} 分别是本书 5.7 节式(5.7.20)、式(5.7.22)和式(5.7.22)中给出的矩阵，而 W_{2T}^T 、 W_{4T}^T 和 W_{8T}^T 则分别是 W_{2T} 、 W_{4T} 和 W_{8T} 的转置矩阵。

2) 上面 1) 小题得到的算法称为输入正序、输出倒位序的“基2” DIF-FFT 算法，它的 8 点 FFT 算法流图如图 PS 5.31 所示。

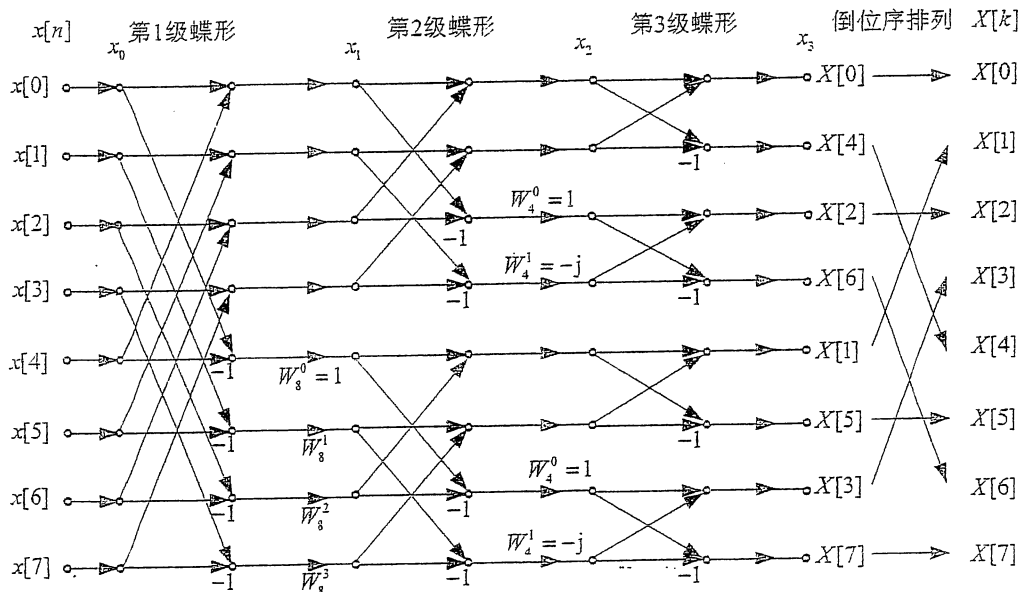


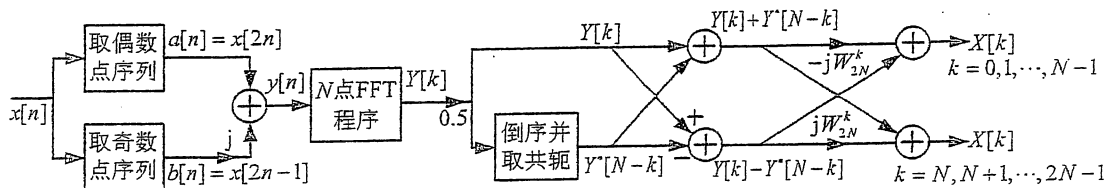
图 PS 5.31

5.33 $X[k] = \begin{cases} 0.5Y[k](1 - je^{-jk(\pi/N)}) + 0.5Y^*[N-k](1 + je^{-jk(\pi/N)}), & k = 0, 1, 2, \dots, N-1 \\ 0.5Y[N-k](1 + je^{-jk(\pi/N)}) + 0.5Y^*[2N-k](1 - je^{-jk(\pi/N)}), & k = N, N+1, \dots, 2N-1 \end{cases}$ 。或者写成:

$$X[k] = \frac{1}{2}(Y[k] + Y^*[N-k]) - j\frac{1}{2}e^{-jk(\pi/N)}(Y[k] - Y^*[N-k]), \quad 0 \leq k \leq N-1$$

$$X[k+N] = \frac{1}{2}(Y[k] + Y^*[N-k]) + j\frac{1}{2}e^{-jk(\pi/N)}(Y[k] - Y^*[N-k]), \quad 0 \leq k \leq N-1$$

用 N 点 FFT 程序计算 $2N$ 点实序列 $x[n]$ 的 DFT 之计算流图如图 PS 5.33 所示, 图中 $W_{2N}^k = e^{-jk(\pi/N)}$ 。



第 6 章

6.1 1) $F(\omega) = \pi[e^{j\pi/4}\delta(\omega + \pi) + e^{-j\pi/4}\delta(\omega - \pi) - \delta(\omega + 2\pi) + \delta(\omega - 2\pi)]$, 图形如图 PS 6.1-1 所示。

2) $F(\omega) = \frac{(e^4 - e^{-4})\cos(2\omega) + j(e^4 + e^{-4})\sin(2\omega)}{j\omega + 2}$

3) $F(\omega) = \frac{(j\omega + 2)^2 - 16}{[(j\omega + 2)^2 + 16]^2}$

4) $F(\omega) = \pi[\delta(\omega) + 0.5\delta(\omega + 2\pi/T) + 0.5\delta(\omega - 2\pi/T)]$, 图形如图 PS 6.1-2 所示。

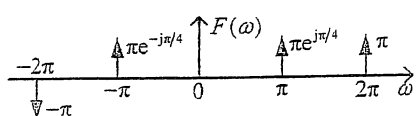


图 PS 6.1-1

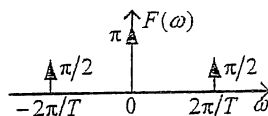


图 PS 6.1-2

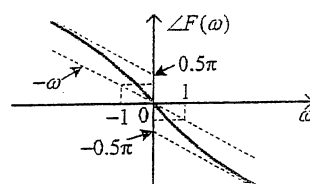
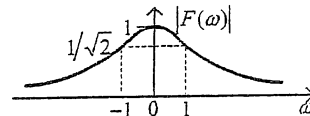


图 PS 6.1-3

5) $F(\omega) = \frac{e^{-j\omega}}{j\omega + 1}$, 其模函数和幅角函数如图 PS 6.1-3 所示。

6) $\bar{F}(\Omega) = \frac{\pi}{2} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \left[2\delta(\Omega - 2\pi k) - \delta(\Omega - 2\pi k + \frac{2\pi}{N}) - \delta(\Omega - \frac{2\pi}{N} - 2\pi k) \right]$,

图形如图 PS 6.1-4 所示。

7) $\bar{F}(\Omega) = \frac{4e^{-j2\Omega}}{1 - 0.5e^{j\Omega}}$

8) $F(\omega) = \frac{2a}{a^2 + \omega^2} e^{-j2\omega}$

9) $F(\omega) = e^{-1} \frac{5 + 3j\omega}{(j\omega + 1)^2} e^{-j\omega}$

10) $\bar{F}(\Omega) = \frac{(1 - a^2)e^{j\Omega}}{1 - 2a \cos(\Omega) + a^2}$

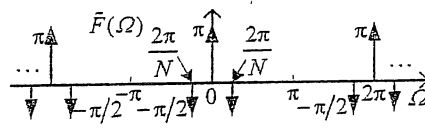


图 PS 6.1-4

12) $F(\omega) = \frac{j\omega + a}{\omega^2 + (j\omega + a)^2} + \frac{1}{j\omega + a}$

13) $\bar{F}(\Omega) = \frac{1}{1 - 0.5e^{j\Omega}} + \frac{1 - (\sqrt{2}/4)e^{j\Omega}}{1 - (\sqrt{2}/2)e^{j\Omega} + 0.25e^{j2\Omega}}$

14) $F(\omega) = \frac{e^{j\omega} + 1 - 3e^{-j\omega} + e^{-3j\omega}}{j\omega}$

15) $\bar{F}(\Omega) = 2 \frac{\sin(5\Omega/2)}{\sin(\Omega/2)} [e^{-j7\Omega} - \cos(2\Omega)]$

16) $F(\omega) = j2 \left(\frac{\cos 2\omega}{\omega} - \frac{\sin \omega}{\omega^2} \right)$

17) $\bar{F}(\Omega) = N \frac{\sin[(2N+1)\Omega/2]}{\sin(\Omega/2)} - \frac{\sin^2[N\Omega/2]}{\sin^2(\Omega/2)}$

18) $\bar{F}(\Omega) = \frac{1}{N} \frac{\sin^2[N\Omega/2]}{\sin^2(\Omega/2)}$

19) $\bar{F}(\Omega) = j \left\{ N \frac{\cos[(2N+1)\Omega/2]}{\sin(\Omega/2)} - \frac{\sin(N\Omega/2)}{\sin^2(\Omega/2)} \right\}$

20) $F(\omega) = \frac{2\pi(1 + \cos \omega)}{\pi^2 - \omega^2}$, 如图 PS 6.1-5 所示。

$$22) F(\omega) = \begin{cases} 1 - \frac{|\omega|}{2\pi}, & |\omega| < 2\pi \\ 0, & |\omega| > 2\pi \end{cases}$$

$$23) F(\omega) = \frac{1}{\pi} \begin{cases} \sin\left(\frac{\omega}{2}\right) e^{-j\frac{\omega}{2}}, & |\omega| \leq 2\pi \\ 0, & |\omega| > 2\pi \end{cases}$$

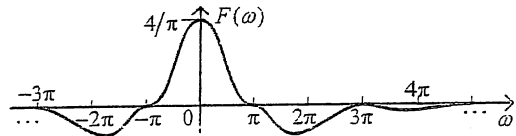


图 PS 6.1-5

如图 PS 6.1-7 所示。

6.2 1) $F_0 = 1, F_k = \frac{j9}{2k^2\pi^2} \sin\left(\frac{k\pi}{3}\right) e^{-j\frac{k\pi}{3}}, k \neq 0.$

2) $\bar{F}_0 = \frac{5}{7}, \bar{F}_k = \frac{\sin(5k\pi/7)}{\sin(k\pi/7)} e^{-j\frac{2k\pi}{7}}, k \neq 0.$

3) $F_k = 1 - 0.5(-1)^k$

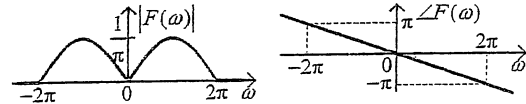


图 PS 6.1-7

4) $\bar{F}_k = 1/6[1 - 2\cos(k\pi/3) + 4\cos(k2\pi/3)]$

6.3 1) $f(t) = 0.5\delta(t) + 0.25[e^{j(2\pi/3)}\delta(t+2\tau) + e^{-j(2\pi/3)}\delta(t-2\tau)]$

2) $f[n] = \frac{1}{2}\delta[n] + \frac{1}{4}(\delta[n-1] + \delta[n+1])$

3) $f(t) = \delta(t) - \frac{W}{\pi} Sa(Wt)$

4) $f[n] = -\frac{1+(-1)^n}{2\pi n^2}$

5) $f[n] = 2\pi Sa^2\left(\frac{\pi n}{2}\right) = \frac{[1-(-1)^n]}{\pi n^2}$

6) $f(t) = \frac{\sin(3t)}{\pi t} + \frac{\cos(2t) - \cos t}{\pi t^2}$

7) $f(t) = \frac{W \sin(Wt)}{2\pi[1-(Wt/\pi)^2]}$

8) $f[n] = \frac{\cos(\pi n/4) - 2\sin(\pi n/2)}{4(n-2)\pi}$

9) $0.5 \operatorname{sgn}(t-2) - e^{-(t-2)}u(t-2)$

10) $f(t) = e^{-2t} \sin(t)u(t)$

11) $f[n] = j \frac{(-1)^n - 1}{n\pi}$

12) $f(t) = \begin{cases} (1/2\tau)[1 - |t - \tau|/2\tau], & -\tau \leq t \leq 3\tau \\ 0, & -\tau < t, t > 3\tau \end{cases}$

13) $f[n] = 2(0.5)^{|n-2|}$

14) $f[n] = 2 \times (0.8)^n \sin\left(\frac{\pi}{2}n\right)u[n]$

15) $f(t) = \frac{\sin(t-2)}{\pi(t-2)} - \frac{\sin^2[(t-2)/2]}{2\pi[(t-2)^2/4]}$

16) $f[n] = \frac{2}{\pi n} \cos\left(\frac{\pi}{2}n\right) \left[\sin\left(\frac{3\pi}{8}n\right) + \sin\left(\frac{\pi}{8}n\right) \right] e^{j\frac{\pi}{2}n}$

6.4 1) $\bar{X}(\Omega) = \bar{X}_0(\Omega)(1 + e^{-j\Omega})$

2) $\bar{X}(\Omega) = \bar{X}_0(\Omega) + \bar{X}_0(-\Omega)$

3) $\bar{X}(\Omega) = \bar{X}_0(-\Omega)e^{-j\Omega}$

4) $\bar{X}(\Omega) = \bar{X}_0(\Omega) + \bar{X}_0(-\Omega)e^{-j\Omega}$

5) $\bar{X}(\Omega) = j \left[\frac{d\bar{X}_0(\Omega)}{d\Omega} + \frac{d\bar{X}_0(-\Omega)}{d\Omega} \right]$

6) $\bar{X}(\Omega) = j \frac{d\bar{X}_0(\Omega)}{d\Omega}$

6.5 1) $X_0(\omega) = 1/(j\omega + 1)$

2) (a) $X_1(\omega) = \frac{(1 - e^{-1}e^{-j\omega}) + (e^{j\omega} - e^{-1})}{j\omega + 1}$

(b) $X_2(\omega) = \frac{2}{\omega^2 + 1} \left(1 - \frac{1}{e} \cos \omega + \frac{\omega}{e} \sin \omega \right)$

(c) $X_3(\omega) = \frac{e^{-j\omega} - e^{-1}}{1 - j\omega}$

(d) $X_4(\omega) = \frac{j2}{\omega^2 + 1} \left(-\omega + \frac{1}{e} \sin \omega + \frac{\omega}{e} \cos \omega \right)$

(e) $X_5(\omega) = \frac{j2}{\omega^2 + 1} \left(\omega \cos \omega - \frac{\omega}{e} - \sin \omega \right)$

(f) $X_6(\omega) = \frac{1 - e^{-(j\omega+1)}}{(1 + j\omega)^2} - \frac{e^{-(j\omega+1)}}{1 + j\omega}$

6.6 1) $\frac{1}{|a|} F\left(\frac{\omega}{a}\right) e^{j\frac{\omega b}{a}}$

2) $\frac{j\omega}{|a|} F\left(\frac{\omega}{a}\right) e^{j\frac{\omega b}{a}}$

3) $\frac{1}{2} \left[\bar{F}\left(\frac{\Omega}{2}\right) - \bar{F}\left(\frac{\Omega - 2\pi}{2}\right) \right] e^{-j\frac{\Omega}{2}}$

4) $\frac{j[\bar{F}(\Omega/2) - \bar{F}[(\Omega - 2\pi)/2]]}{4\sin(\Omega/2)} + \pi \frac{\bar{F}(0)}{2} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(\Omega - 2\pi k)$

5) $\frac{j}{|a|} \left[\frac{d}{d\omega} F\left(\frac{\omega}{a}\right) \right] e^{j\frac{\omega b}{a}}$

6) $\frac{1}{2\pi} F(\omega) * F(\omega)$

7) $\frac{1}{2\pi} \left[\frac{\bar{F}(\Omega) + \bar{F}^*(-\Omega)}{2} \right] \circledast \left[\frac{\bar{F}(\Omega) + \bar{F}^*(-\Omega)}{2} \right]$

8) $\frac{j}{2} e^{-j\frac{\Omega}{2}} \frac{d}{d\Omega} \left[\bar{F}\left(\frac{\Omega}{2}\right) - \bar{F}\left(\frac{\Omega - 2\pi}{2}\right) \right]$

- 9) $\frac{\pi F(0)}{|a|} \delta(\omega) + \frac{1}{|a|} \frac{1}{j\omega} F\left(\frac{\omega}{a}\right) e^{j\frac{\omega}{a}b}$ 10) $\frac{1}{3} F\left(-\frac{\omega}{3}\right) e^{-j2\omega}$ 11) $j \left[\bar{F}\left(\frac{\Omega}{2}\right) - \bar{F}\left(\frac{\Omega-2\pi}{2}\right) \right] \sin\left(\frac{\Omega}{2}\right) e^{-j\Omega}$
- 12) $2\bar{F}(\Omega - \pi) \cos(\Omega/2) e^{-j\Omega/2}$ 13) $-aF''(\omega) + jbF'(\omega) + cF(\omega)$
- 14) $\pi[\delta(\omega + \omega_0) + \delta(\omega - \omega_0)] + 0.5m[F(\omega + \omega_0) + F(\omega - \omega_0)]$
- 15) $0.5[\bar{F}(-\Omega/2) - \bar{F}[-(\Omega - 2\pi)/2]] e^{-j\Omega/2}$ 16) $j0.5[\bar{F}(\Omega + \Omega_0) - \bar{F}(\Omega - \Omega_0)]$
- 17) $F'(\omega)/\omega + j\pi F'(0)\delta(\omega)$ 18) $-[\omega F'(\omega) + F(\omega)]$ 19) $-2\bar{F}(\Omega) \sin(\Omega/2) e^{-j\Omega/2}$
- 20) $\frac{\bar{F}'(\Omega) e^{-j\Omega/2}}{2 \sin(\Omega/2)} + j\pi \bar{F}'(0) \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(\Omega - 2\pi k)$ 21) $\frac{F(\omega)}{|a|} F\left(\frac{\omega}{a}\right) e^{j\frac{\omega}{a}b}$ 22) $\frac{\bar{F}(\Omega)}{2} \left[\bar{F}'\left(\frac{\Omega}{2}\right) - \bar{F}'\left(\frac{\Omega}{2} - \pi\right) \right] e^{j\frac{\Omega}{2}}$

- 6.7 1) $2f(t) \cos(\omega_0 t)$ 2) $0.25 f(t/2) * f^*(-t/2)$ 3) $j0.5[f(t-T) - f(t+T)]$
- 4) $f_{(2)}[n] * f_{(2)}^*[-n]$, 其中, $f_{(2)}[n]$ 是 $f[n]$ 内插一个 0 值的序列。 5) $2f[n] \sin(\Omega_0 n)$
- 6) $\frac{j}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{f(\tau)}{t-\tau} d\tau + \frac{f(t)}{2}$ 7) $\frac{1}{2}(f[n-2] + f[n+2])$ 8) $\frac{j}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{f(\tau)}{t-\tau} d\tau$
- 9) $\frac{2 \sin(\pi n)}{t} f(t)$ 10) $jt \frac{d^2 f(t)}{dt^2}$ 11) $\frac{2 \sin(\pi n/4)}{n} f[n]$

6.9 在循环卷积结果 $y_0[n]$ 中, $n=39 \sim 99$ 和 $n=0 \sim 9$ 的序列值对应于 $x_1[n]$ 与 $x_2[n]$ 线性卷积的结果。

6.10 1) $T_{\max} = \frac{1}{2(f_{M1} + f_{M2})}$, $T_{\max} = 125 \mu s$ 2) N_{\max} 是小于 $\frac{\pi}{\min\{\Omega_{M1}, \Omega_{M2}\}}$ 的最大整数, $N_{\max} = 4$ 。

6.12 1) 当 $T_s \leq \pi/\omega_2$, 即 $\omega_s \geq 2\omega_2$ 时, $X_p(\omega)$ 如图 PS 6.12-1 所示。

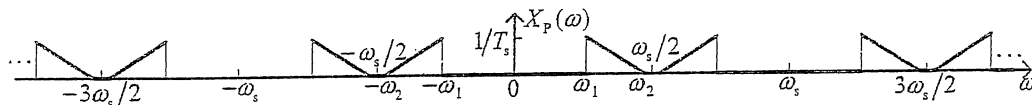


图 PS 6.12-1

2) 若 $m=2$, 当 $T_s \leq 2\pi/\omega_2$, 即 $\omega_s \geq \omega_2$ 时, $X_p(\omega)$ 如图 PS 6.12-2 所示。

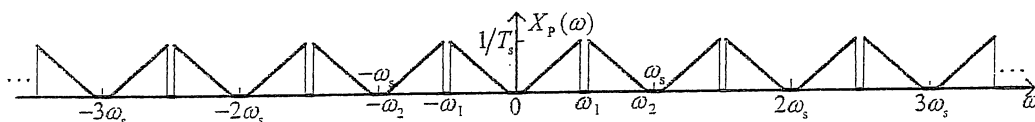


图 PS 6.12-2

3) 重构的理想带通滤波器的增益为 $A = T_s$ 4) 离散时间中的带通抽样定理完全类似。

6.14 1) $T_{\max} = \pi/\omega_M$ 2) $T_{\max} = \pi/\omega_M$ 3) $T_{\max} = 2\pi/\omega_M$ 4) $T_{\max} = \pi/\omega_M$

6.16 $g[n]$ 的频谱为 $\tilde{G}(\Omega) = \frac{1}{4} \sum_{k=0}^3 \tilde{X}\left(\Omega - k \frac{\pi}{2}\right) e^{-jk\pi/2}$, 恢复滤波器的频率响应应为

$\tilde{H}_L(\Omega) = \begin{cases} 4, & |\Omega| < \pi/4 \\ 0, & |\Omega| > \pi/4 \end{cases}$, 在区间 $(-\pi, \pi)$ 内。其图形如图 PS 6.16 所示。

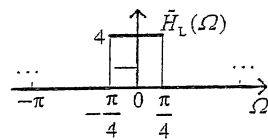


图 PS 6.16

6.17 因为 $F^{-1}\{\tilde{X}_R(\Omega)\} = x_{Ev}[n]$ 和 $F^{-1}\{\tilde{X}_I(\Omega)\} = x_{Od}[n]$, 其中, $x_{Ev}[n]$ 和 $x_{Od}[n]$ 分别是 $x[n]$ 的偶序列和奇序列, 它们的序列图形如图 PS 6.17-1 所示。

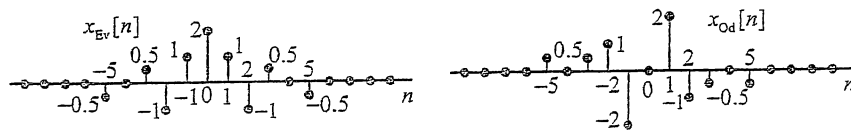


图 PS 6.17-1

1) $y[n] = j(x_{Ev}[n] - x_{Od}[n])$, 它的实部序列 $y_{Re}[n] = 0$, 其虚部序列 $y_{Im}[n]$ 如图 PS 6.17-2 所示。

2) $y[n] = j(x_{Ev}[n] + x_{Od}[n+1])$, 它的实部序列 $y_{Re}[n] = 0$, 其虚部序列 $y_{Im}[n]$ 如图 PS 6.17-3 所示。

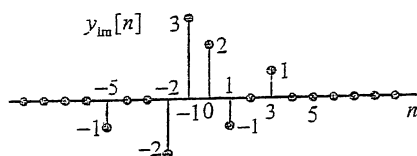


图 PS 6.17-2

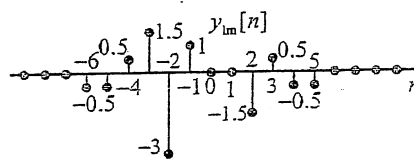


图 PS 6.17-3

3) $y[n] = (x_{Ev}[n] - x_{Ev}[n-1]) + jx_{Od}[n-1]$, 其实部序列 $y_{Ev}[n]$ 和虚部序列 $y_{Od}[n]$ 图形如图 PS 6.17-4 所示。

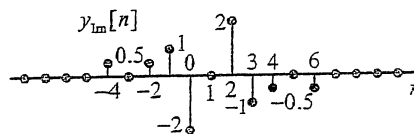
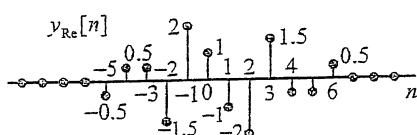


图 PS 6.17-4

- 6.18
- 1) $\text{Re}\{X(\omega)\} = 0$, 则 $x(t)$ 或 $\tilde{x}(t)$ 应是奇信号, 图 P 6.18(a)、(b)、(d)和(h)所示信号具有此性质。
 - 2) $\text{Im}\{X(\omega)\} = 0$, 则 $x(t)$ 或 $\tilde{x}(t)$ 应是偶信号, 图 P 6.18 (f)和(g)所示信号具有此性质。
 - 3) $\int_{-\infty}^{\infty} X(\omega)d\omega = 0$, 则应有 $x(0) = 0$ 或 $\tilde{x}(0) = 0$, 除图 P 6.18 (f)外, 其余信号都具有此性质。
 - 4) $\int_{-\infty}^{\infty} \omega X(\omega)d\omega = 0$, 则应有 $x'(0) = 0$ 或 $\tilde{x}'(0) = 0$, 图 P 6.18(c)、(d)、(e)、(f)和(h)的信号具有此性质。
 - 5) $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{dX(\omega)}{d\omega} d\omega = 0$, 则 $-jtx(t)|_{t=0} = 0$, 本题所有信号都具有此性质。
 - 6) $\text{Re}\left\{\frac{dX(\omega)}{d\omega}\right\} = 0$, 则 $x(t)$ 或 $\tilde{x}(t)$ 应是偶信号, 图 P 6.18 (f)和(g)所示信号具有此性质。
 - 7) $\angle X(\omega) = \begin{cases} \pm\pi, & X(\omega) < 0 \\ 0, & X(\omega) > 0 \end{cases}$, 则 $x(t)$ 或 $\tilde{x}(t)$ 也应是偶信号, 图 P 6.18 (f)和(g)所示信号具有此性质。
 - 8) $\angle X(\omega) = \begin{cases} \pi/2, & jX(\omega) < 0 \\ -\pi/2, & jX(\omega) > 0 \end{cases}$, 则 $x(t)$ 或 $\tilde{x}(t)$ 应是奇信号, 图 P 6.18(a)、(b)、(d)和(h)的信号有此性质。
 - 9) $X(\omega)$ 是周期函数, $x(t)$ 或 $\tilde{x}(t)$ 应是冲激或冲激串信号, 图 P 6.18 (c)和(d)所示信号具有此性质。
 - 10) $\lim_{\omega \rightarrow 0} \omega X(\omega) = 0$, 则 $x'(t)$ 或 $\tilde{x}'(t)$ 应是奇信号, 图 P 6.18(d)、(f)和(g)所示信号具有此性质。
 - 11) $X(\omega)e^{j\omega t_0}$ 是实函数, 其中 t_0 为实数(包含 0), 则 $x(t+t_0)$ 或 $\tilde{x}(t+t_0)$ 应是偶信号, 图 P 6.18 (a)、(b)、(f)和(g)所示信号具有此性质。

6.20 $X(\omega) = |X(\omega)|e^{j\hat{\phi}(\omega)}$. $\hat{x}(t) = x(t+2)$ 是实偶函数, 令 $F\{\hat{x}(t)\} = \hat{X}(\omega) = |X(\omega)|e^{j\hat{\phi}(\omega)}$, 则 $|\hat{X}(\omega)| = |X(\omega)|$ 。

- 1) $\angle X(\omega) = \hat{\phi}(\omega) - 2\omega$, 其中 $\hat{\phi}(\omega) = \begin{cases} 0, & \hat{X}(\omega) > 0 \\ \pm\pi, & \hat{X}(\omega) < 0 \end{cases}$ 2) $X(0) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)dt = 13$
- 3) $\int_{-\infty}^{\infty} X(\omega)d\omega = 2\pi x(0) = 4\pi$ 4) $\int_{-\infty}^{\infty} \omega X(\omega)d\omega = -jx'(0) = 0$
- 5) $\int_{-\infty}^{\infty} |X(\omega)|^2 d\omega = 2\pi \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt = 116\pi/3$ 6) $\int_{-\infty}^{\infty} X(\omega)e^{j2\omega} d\omega = \hat{x}(0) = 1$
- 7) $\int_{-\infty}^{\infty} 2X(\omega) \frac{\sin \omega}{\omega} e^{j2\omega} d\omega = 2\pi \hat{x}(t) * [u(t+1) - u(t-1)]|_{t=0} = 6\pi$ 8) $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{dX(\omega)}{d\omega} e^{j2\omega} d\omega = -j\hat{x}'(t)|_{t=0} = 0$
- 9) $F^{-1}\{\text{Re}\{X(\omega)\}\} = 0.5[x(t) + x(-t)]$, 其波形如图 PS 6.20-1 所示。
- 10) $F^{-1}\{X(\omega/2)e^{-j\omega}\} = 2x(2t-2)$, 其波形如图 PS 6.20-2 所示。

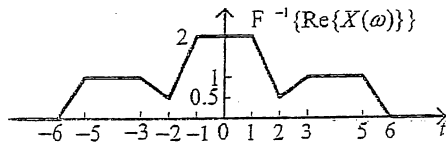


图 PS 6.20-1

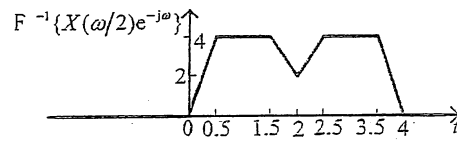


图 PS 6.20-2

6.21 $\tilde{x}[n] = x[n+2]$ 是奇奇序列。

1) $\tilde{X}(2\pi) = \tilde{X}(0) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] = 0$

2) $\tilde{X}(\pi) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} (-1)^n x[n] = 0$

3) $\angle \tilde{X}(\Omega) = \angle \tilde{X}(\Omega) - 2\Omega$, 其中 $\angle \tilde{X}(\Omega) = \begin{cases} 0, & \tilde{X}(\Omega) > 0 \\ \pm\pi, & \tilde{X}(\Omega) < 0 \end{cases}$

4) $\int_{-\pi}^{\pi} \tilde{X}(\Omega) d\Omega = 2\pi x[0] = 4\pi$

5) $\int_{-\pi}^{\pi} |\tilde{X}(\Omega)|^2 d\Omega = 2\pi \sum_{n=-\infty}^{\infty} |x[n]|^2 = 28\pi$

6) $\int_{-\pi}^{\pi} \tilde{X}(\Omega) e^{-j\Omega} d\Omega = 2\pi x[1] = 2\pi$

7) $\int_{-\pi}^{\pi} \tilde{X}(\Omega)(1 - e^{-j\Omega}) d\Omega = 2\pi(x[0] - x[1]) = 2\pi$

8) $\int_{-\pi}^{\pi} \left| \frac{d\tilde{X}(\Omega)}{d\Omega} \right|^2 d\Omega = 2\pi \sum_{n=-\infty}^{\infty} |nx[n]|^2 = 316\pi$

9) $\int_{-\pi}^{\pi} \tilde{X}(\Omega) \frac{\sin(5\Omega/2)}{\sin(\Omega/2)} d\Omega = 2\pi \{x[n] * (u[n+2] - u[n-3])\}_{n=0} = 8\pi$

10) $F^{-1}\{\text{Re}\{\tilde{X}(\Omega)\}\} = 0.5(x[n] + x[-n])$, 如图 PS 6.21 所示。

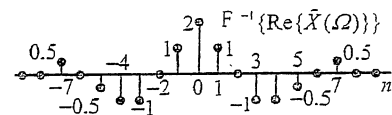


图 PS 6.21

6.22 1) $\tilde{H}_2(\Omega) = F\{h_2[n]\}$, 其图形如图 PS 6.22-1 所示。

图 P 6.22(a)所示离散时间 LTI 系统的总频率响应 $\tilde{H}(\Omega)$ 为

$\tilde{H}(\Omega) = [\tilde{H}_1(\Omega)\tilde{H}_2(\Omega) + \tilde{H}_1(\Omega)\tilde{H}_3(\Omega) + \tilde{H}_3(\Omega)]$, 其图形如图 PS 6.22-2 所示。 $\tilde{Y}(\Omega) = \tilde{X}(\Omega)\tilde{H}(\Omega)$,

其图形如图 PS 6.22-3 所示。因此, $y[n] = F^{-1}\{\tilde{Y}(\Omega)\} = \frac{8}{\pi^2 n^2} \sin^2\left(\frac{\pi n}{4}\right) \cos\left(\frac{\pi n}{2}\right)$ 。

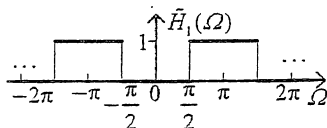


图 PS 6.22-1

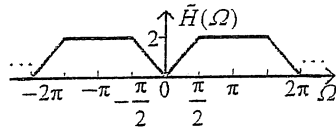


图 PS 6.22-2

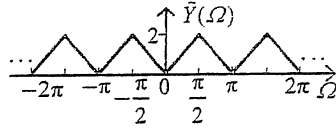


图 PS 6.22-3

2) $\tilde{Y}(\Omega) = [\tilde{X}(\Omega + \pi/2) + \tilde{X}(\Omega - \pi/2)]\tilde{H}_4(\Omega) + 0.5[\tilde{X}(\Omega + \pi) + \tilde{X}(\Omega - \pi)]$, $\tilde{H}_4(\Omega)$ 和 $\tilde{Y}(\Omega)$ 如图 PS 6.22-4 所示。由 $\tilde{Y}(\Omega)$ 的图形可知, $\tilde{Y}(\Omega) = 1 + \tilde{H}_4(\Omega)$, 因此 $y[n] = \delta[n] + 0.5\text{Sa}(\pi n/2)$ 。

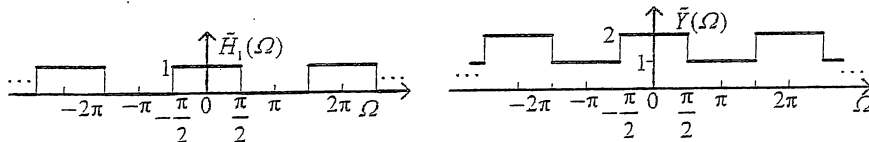


图 PS 6.22-4

6.24 1) $\tilde{X}(\Omega)$ 和 $x_d[n] = x[3n]$ 的频谱 $\tilde{X}_d(\Omega)$ 如图 PS 6.24-1 所示。

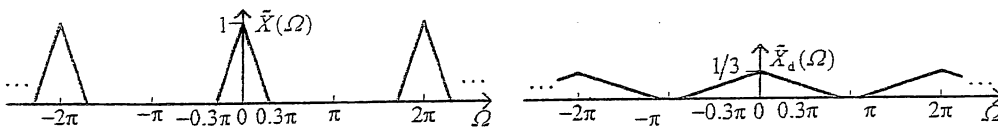


图 PS 6.24-1

2) 由 $x_d[n] = x[3n]$ 恢复出 $x[n]$ 的系统框图如图 PS 6.24-2 所示, 其中, 3↑是离散时间三倍内插零系统,

其输出为 $y[n] = \begin{cases} x_d[n/3], & n=3m \\ 0, & n \neq 3m \end{cases}$, $\tilde{H}_L(\Omega) = \begin{cases} 3, & |\Omega| \leq 0.3\pi \\ 0, & |\Omega| > 0.3\pi \end{cases}$, 在主值区间 $(-\pi, \pi]$ 内。 $y[n]$ 的频谱 $\tilde{Y}(\Omega)$ 和 $\tilde{H}_L(\Omega)$ 的图形如图 PS 6. 24-3 所示。

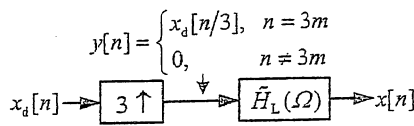


图 PS 6. 24-2

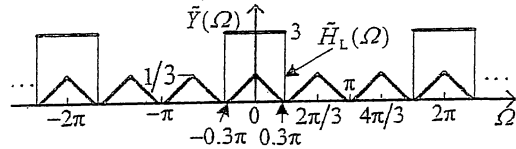


图 PS 6. 24-3

6. 25 1) 能量信号, $E_x = 10^{-3} \text{ J}$ 2) 能量信号, $E_x = 0.125 \times 10^{-6} \text{ J}$ 4) 功率信号, $P_x = 35 \text{ W}$

6. 26 1) ① $f(t) = 2f_c(t)u(t)$, $f(t) = 2f_o(t)u(t)$ ③ $F(\omega) = e^{-j\omega}$, $f(t) = \delta(t-1)$

④ $f(t) = -e^{-\pi t}u(t)$, $F(\omega) = -1/(j\omega + \pi)$

2) ① $f[n] = 2f_c[n]u[n] - f[0]\delta[n]$, $f[n] = 2f_o[n]u[n] + f[0]\delta[n]$

③ $f[n] = \delta[n] + 2\delta[n-2]$, $\tilde{F}(\Omega) = 1 + 2e^{-j2\Omega}$

4) $x(t) = \delta(t) + (1/2\pi)\text{sgn}(t)$, $X(\omega) = \delta(\omega) - j/\pi\omega$

6. 27 1) $x(t) = \frac{1}{\pi(t^2+1)}$ 2) $x(t) = -\frac{1}{\pi(t^2+1)}$ 3) $x(t) = \frac{t}{\pi(t^2+1)}$ 或 $x(t) = -\frac{t}{\pi(t^2+1)}$

6. 28 1) ① $\int_{-\infty}^{\infty} |f(t)|^2 dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |\omega^2 X(\omega)|^2 d\omega = \frac{1}{5\pi}$ ② $F^{-1}\{f(\omega/4)\} = \begin{cases} -32t^2/\pi, & |t| < 0.25 \\ 0, & |t| > 0.25 \end{cases}$

6.29 1) $x(t) = \tilde{X}(\Omega)|_{\Omega=-\pi/5}$, $\text{Re}\{x(t)\}$ 和 $\text{Im}\{x(t)\}$ 如图 PS 6. 29-1 所示。

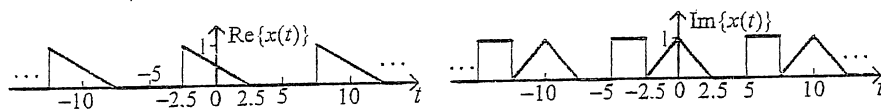


图 PS 6. 29-1

2) $x(t) = \tilde{X}(\Omega)|_{\Omega=\pi/8}$, $\text{Re}\{x(t)\}$ 和 $\text{Im}\{x(t)\}$ 如图 PS 6. 29-2 所示。

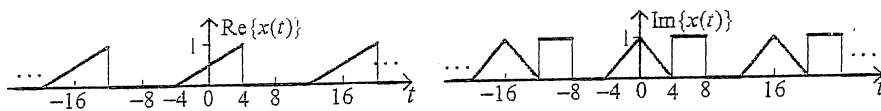


图 PS 6. 29-2

3) $x(t) = \frac{1}{2} [\tilde{X}(\Omega)|_{\Omega=-\pi/4} - \tilde{X}(\Omega)|_{\Omega=\pi/4}]$, $\text{Re}\{x(t)\}$ 和 $\text{Im}\{x(t)\}$ 如图 PS 6. 29-3 所示。

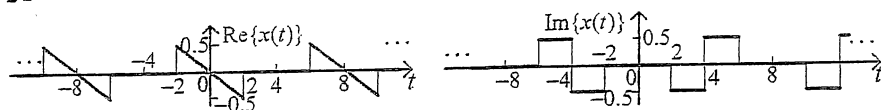


图 PS 6. 29-3

4) $x(t) = \frac{1}{2} [\tilde{X}(\Omega)|_{\Omega=-\pi/3} + \tilde{X}(\Omega)|_{\Omega=\pi/3}]$, $\text{Re}\{x(t)\}$ 和 $\text{Im}\{x(t)\}$ 如图 PS 6. 29-4 所示。

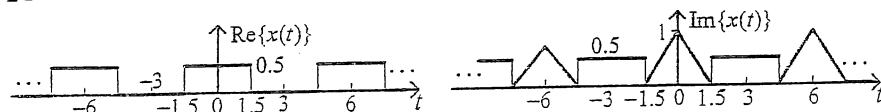


图 PS 6. 29-4

- 6.31 1) ① $\tilde{a}_k = \tilde{F}_{-k}$ ② $\tilde{a}_k = [1 - (-1)^k] \tilde{F}_k$ ③ $\tilde{a}_k = 2\tilde{F}_{2k}, k = 0, 1, \dots, N/2 - 1$
- ④ $\tilde{a}_k = \frac{1}{M} \tilde{F}_{([k])_N}, k = 0, 1, \dots, MN - 1$, 其中, $([k])_N$ 表示对整数 k 的模 N 运算
- ⑤ $\tilde{a}_k = \frac{\tilde{F}_k}{1 - e^{-jk(2\pi/N)}}$ ⑥ $\tilde{a}_k = \begin{cases} \tilde{F}_{(k-N)/2}, & k \text{ 为奇数} \\ 0, & k \text{ 为偶数} \end{cases}, k = 0, 1, \dots, 2N - 1$.
- ⑦ $\tilde{a}_k = \tilde{F}_{(k-N/2)}, k = 0, 1, \dots, N - 1$ ⑧ $\tilde{a}_k = |\tilde{F}_k|^2$
- ⑨ $\tilde{a}_k = 0.5[\tilde{F}_{(k-N/2)} + \tilde{F}_{([k])_N}]$
- 2) ① $\tilde{f}[n] = e^{j(6\pi/N)n} \tilde{x}[n]$ ② $\tilde{f}[n] = 0.5(\tilde{x}[n+1] + \tilde{x}[n-1])$ ③ $\tilde{f}[n] = \tilde{x}[n + N/2]$
- ④ $\tilde{f}[n] = (\tilde{x}[n] * \tilde{x}[-n])/N$ ⑤ $\tilde{f}[n] = [1 - e^{j(2\pi/N)n}]^2 \tilde{x}[n] = -2\tilde{x}[n] \{1 - \cos[(2\pi/N)n]\} e^{j(2\pi/N)n}$
- ⑦ $\tilde{f}[n] = (\tilde{x}[n-1])^2$ ⑧ $\tilde{f}[n] = \frac{e^{-j(2\pi/N)n} \tilde{x}[n]}{(1 - e^{j(2\pi/N)n})} = -j \frac{e^{-j(3\pi/N)n} \tilde{x}[n]}{2 \sin(\pi n/N)}$

第7章

- 7.1 1) (i) $H(\omega) = e^{j[\pi - 2 \arctan(10^{-3} \omega)]}$, 其幅频响应 $|H(\omega)|$ 和相频响应 $\angle H(\omega)$ 如图 PS 7.1-1 所示。它不会产生幅度频率失真, 只会产生相位频率失真, 故仍不满足理想的带限无失真条件。
 (ii) $H(\omega) = 0.5[\text{Sa}^2(0.125\omega)]\cos(0.125\omega)e^{-j0.375\omega}$, 其幅频响应 $|H(\omega)|$ 和相频响应 $\angle H(\omega)$ 如图 PS 7.1-2 所示。它不会产生相位失真, 只会产生幅度频率失真, 故不满足理想的带限无失真条件。

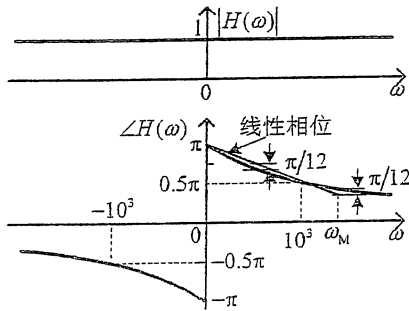


图 PS 7.1-1

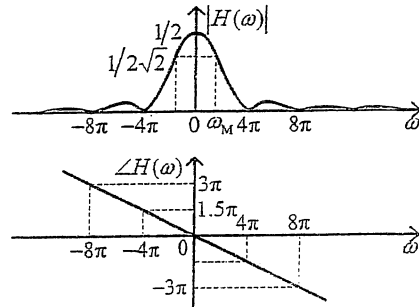
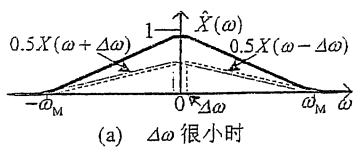


图 PS 7.1-2

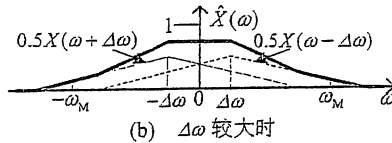
- 2) (i) $\omega_M \approx 1.4 \times 10^3$ (ii) $\omega_M \approx 1.3\pi$

7.2 $H(\omega) = ae^{j(-\omega_0 + k\pi)} = (-1)^k ae^{j(-\omega_0)}$, 故知会导致传输波形正负极性的改变, 不会产生波形失真。

7.3 2) 当 $\Delta\omega$ 很小时和较大时, 接收端解调器输出的频谱 $\hat{X}(\omega)$ 分别如图 PS 7.3(a)和(b)所示。



(a) $\Delta\omega$ 很小时



(b) $\Delta\omega$ 较大时

图 PS 7.3

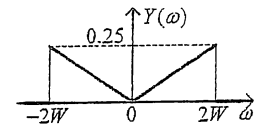


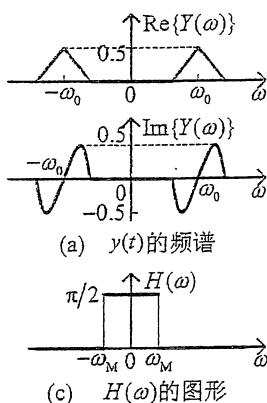
图 PS 7.4

7.4 $Y(\omega)$ 如图 PS 7.4 所示。

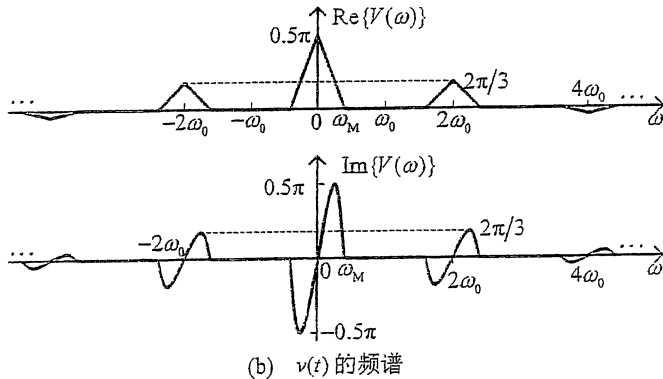
7.5 1) 周期方波 $p(t)$ 的频谱为 $P(\omega) = 2\pi \sum_{k=-\infty}^{\infty} \frac{2\sin(k\pi/2)}{k\pi} \delta(\omega - k\omega_0)$ 。 $y(t)$ 和 $v(t)$ 的频谱分别如图 PS 7.5-1

(a)和(b)所示, 当 $H(\omega)$ 是截止频率为 ω_M 的理想低通滤波器是, $\hat{x}(t)$ 的频谱形状与 $x(t)$ 相同。

2) 为使 $\hat{x}(t) = x(t)$, $H(\omega)$ 可以是增益 $\pi/2$ 、截止频率 ω_M 的理想低通滤波器, 它如图 PS 7.5-1 (c)所示。



(c) $H(\omega)$ 的图形



(b) $v(t)$ 的频谱

图 PS 7.5

3) 调制和解调其都采用周期方波 $p(t)$ 作为载波的方框图如图 PS 7.5-2 所示, 为使 $\hat{x}(t) = x(t)$ 的 $H(\omega)$ 也见图 PS 7.5-2。

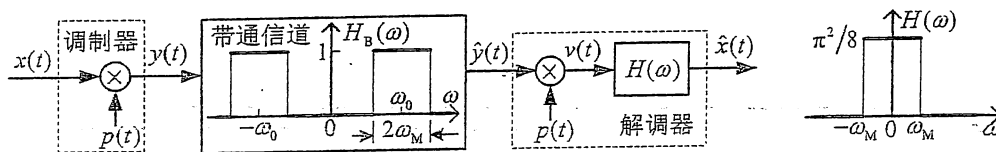


图 PS 7.5-2

7.7 1) $y[n]$, $\cos(\Omega_0 n)$, $v[n]$ 和 $\hat{x}[n]$ 的频谱 $\bar{Y}(\Omega)$, $F\{\cos(\Omega_0 n)\}$, $\bar{V}(\Omega)$ 和 $\hat{X}(\Omega)$ 如图 PS 7.5-7 所示, 图中还画了解调器中低通滤波器 $\bar{H}_{LP}(\Omega)$ 的图形。

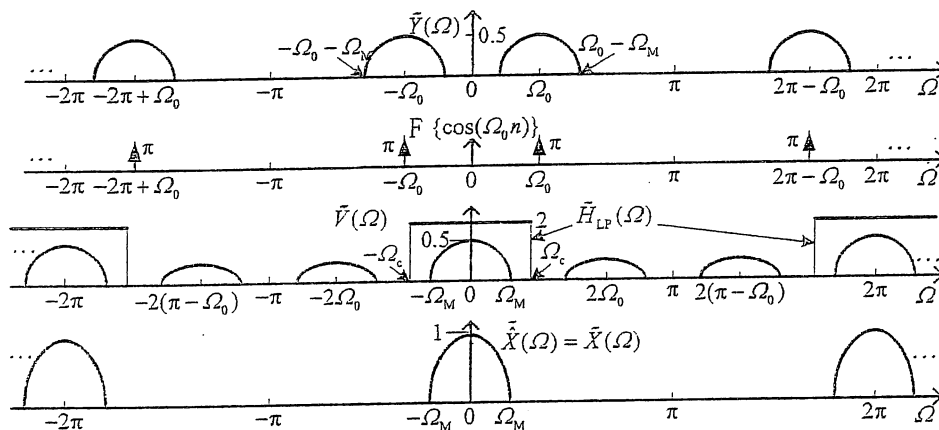


图 PS 7.7

2) 要求 $\Omega_0 \geq \Omega_M$, 为使 $\hat{x}[n] = x[n]$, $\bar{H}_{LP}(\Omega)$ 的增益 $G=2$, 截止频率 Ω_c 满足 $\Omega_M \leq \Omega_c \leq 2\Omega_0 - \Omega_M$ 。

3) 当收、发端两个载波存在相位差 $\Delta\theta$ 和频率差 $\Delta\Omega$ 时, 对解调器输出的影响与连续时间中类似。

7.8 1) 加密信号 $y(t)$ 的频谱 $Y(\omega)$ 如图 PS 7.8-1 所示。

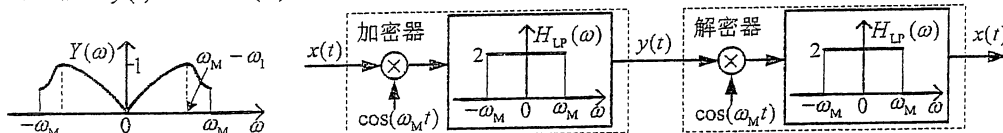


图 PS 7.8-1

图 PS 7.8-2

2) 加密器的方框图如图 PS 7.8-2 所示。

3) 解密器的方框图也如图 PS 7.8-2 所示。

7.9 $\hat{x}(t) = \sqrt{\{[A+x(t)]\cos\theta_0\}^2 + \{-[A+x(t)]\sin\theta_0\}^2} = \sqrt{[A+x(t)]^2} = x(t) + A$

7.10

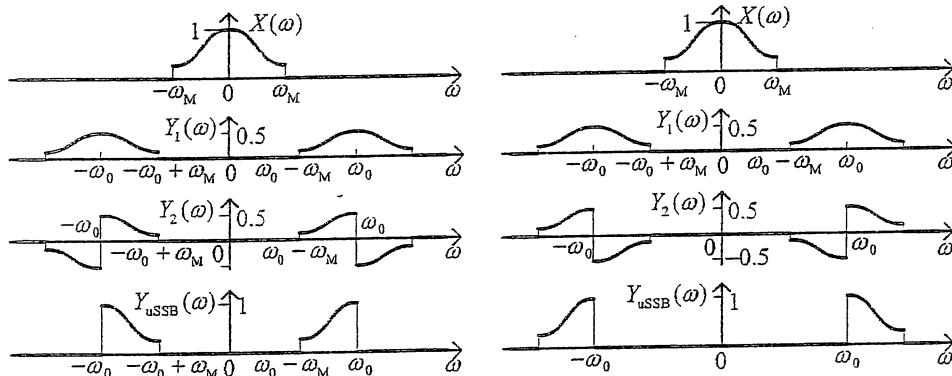


图 PS 7.10-1

图 PS 7.10-2

1) 若 $H(\omega) = -j\text{sgn}(\omega)$, $y_1(t)$, $y_2(t)$ 和只包含下边带的 $y_{\text{ussb}}(t)$ 的频谱如图 PS 7.10-1 所示。

2) 若 $H(\omega) = j\text{sgn}(\omega)$, $y_1(t)$, $y_2(t)$ 和只包含上边带的 $y_{\text{ussb}}(t)$ 的频谱如图 PS 7.10-2 所示。

3) 只包含下边带或只包含上边带的单边带信号 $y_{\text{USB}}(t)$ 的解调原理框图完全相同, 它如图 PS 7.10-3 所示。当 $y_{\text{USB}}(t)$ 是含下边带的单边带信号时, 解调器中主要点的信号频谱如图 PS 7.10-4 所示。

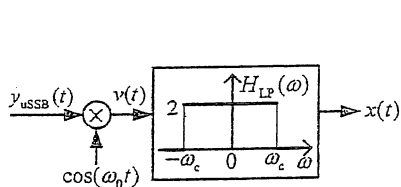


图 PS 7.10-3

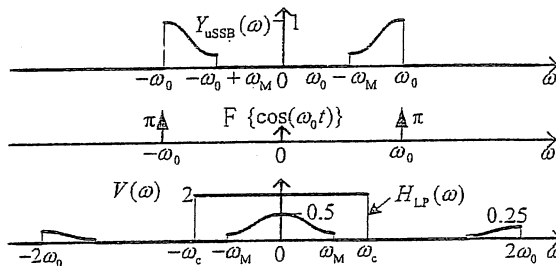
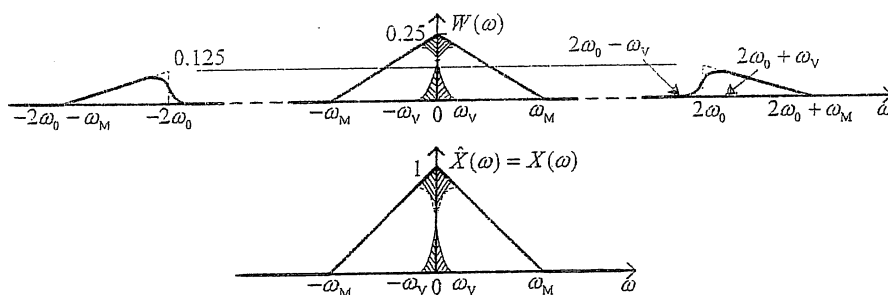


图 PS 7.10-4

7.11 当图 P7.11.1(a)中的 VSB 解调器的输入 $v(t)$ 的频谱 $V(\omega)$ 如图 P7.11.2 所示的那样时, $w(t)$ 和 $\hat{x}(t)$ 的频谱 $W(\omega)$ 和 $\hat{X}(\omega)$ 如图 PS 7.11 所示。为使 $\hat{x}(t) = x(t)$, 低通滤波器 $H_L(\omega)$ 的 H_0 值为 $H_0 = 4$ 。



PS 7.11

7.13 1) 由于 $x(t)$ 是实信号, $H_L(\omega)$ 是实的低通滤波器, 并假设它的单位冲激响应为 $h_L(t)$, 则有

$$f_r(t) = \text{Re}\{[x(t)e^{-j\omega_0 t} * h_L(t)]e^{j\omega_0 t}\} = \text{Re}\{[x(t)(\cos \omega_0 t - j\sin \omega_0 t) * h_L(t)](\cos \omega_0 t + j\sin \omega_0 t)\}$$

$$= [x(t)\cos(\omega_0 t)] * h_L(t) \cos(\omega_0 t) + [x(t)\sin(\omega_0 t) * h_L(t)]\sin(\omega_0 t)$$

上述结果的系统实现为原书图 7.18(d)的系统框图。

- 2) 用离散时间低通滤波器 $\tilde{H}_L(\Omega)$ 实现一个实的离散时间带通滤波器的系统框图如图 PS 7.13 所示。
- 3) 原书图 7.18(d)的连续时间系统和图 PS 7.13 的离散时间系统的等效带通频率响应 $H_B(\omega)$ 和 $\tilde{H}_B(\Omega)$ 为

$$H_B(\omega) = H_L(\omega + \omega_0) + H_L(\omega - \omega_0)$$

$$\tilde{H}_B(\Omega) = \tilde{H}_L(\Omega + \Omega_0) + \tilde{H}_L(\Omega - \Omega_0)$$

- 4) 如果 $H_L(\omega)$ 和 $\tilde{H}_L(\Omega)$ 都是实际的非理想滤波器, 它们的通带截止频率(例如 -3 dB 截止频率)分别是 ω_{cL} 和 Ω_{cL} , 则必须要求 $\omega_0 \gg \omega_{cL}$ 和 $\pi \gg \Omega_0 \gg \Omega_{cL}$, 系统的等效带通频率响应应采用 3) 小题的结果。

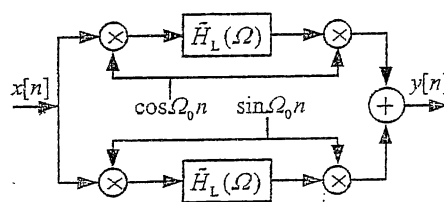


图 PS 7.13

7.16 1) $\tilde{H}_i(\Omega) = \tilde{H}_L\left(\Omega + i\frac{2\pi}{N}\right)$, $h_i[n] = \frac{\Omega_c}{\pi} \text{Sa}(\Omega_c n) e^{-j[(2\pi/N)n]}$ 。 2) $\Omega_c = \frac{\pi}{N}$

- 3) 只要是实的离散时间低通滤波器 $\tilde{H}_L(\Omega)$, 无论是理想低通, 还是实际的非理想低通滤波器, 该调制滤波器组中的每一个并联支路都可以等价成单位冲激响应为 $h_i[n] = h_0[n] e^{j[(2\pi/N)n]}$, $i = 0, 1, N-1$, 其中, $h_0[n]$ 低通滤波器 $\tilde{H}_L(\Omega)$ 的单位冲激响应。因此, 该滤波器组总的单位冲激响应 $h[n]$ 为

$$h[n] = \sum_{i=0}^{N-1} h_i[n] = h_0[n] \sum_{i=0}^{N-1} e^{j\left(\frac{2\pi}{N}\right)in} = \frac{1 - e^{j2\pi n}}{1 - e^{j(2\pi/N)n}} h_0[n], \text{ 其中, } \frac{1 - e^{j2\pi n}}{1 - e^{j(2\pi/N)n}} = \begin{cases} N, & n = mN \\ 0, & n \neq mN \end{cases}$$

因此, 它可以写成 $h[n] = r[n]h_0[n]$, 其中, $r[n] = N \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta[n - kN]$, 如图 PS 7.16 所示。

4) 该调制滤波器组等价于恒等系统的条件为 $h_0[n] = 1/N$; $h_0[kN] = 0$, $k = \pm 1, \pm 2, \dots$.

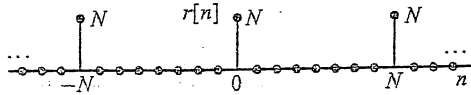


图 PS 7.16

7.18 1) 包含很低频率成分的带限信号 $x(t)$ 、带通滤波器 $H_B(\omega)$ 的输入、输出信号 $v(t)$ 、 $w(t)$ 和低通滤波器 $H_L(\omega)$ 的输入信号 $z(t)$ 的频谱 $X(\omega)$ 、 $V(\omega)$ 、 $W(\omega)$ 和 $Z(\omega)$, 连同给定的 $H_B(\omega)$ 和 $H_L(\omega)$ 分别如图 PS 7.18 中所示。由图示分析可以看出, 允许输入信号 $x(t)$ 的最高频率为 $\omega_M = \pi/T$ 。

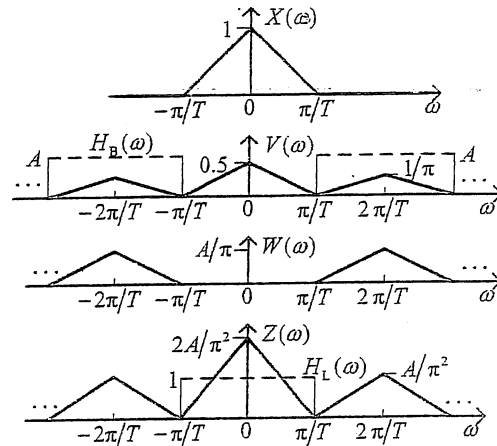


图 PS 7.18

2) 由于周期为 T 的周期方波的基波的傅里叶级数系数为 $F_{\pm 1} = 1/\pi$, 故整个系统的增益 G 为

$$G = 2A/\pi^2$$

7.19 1) $Y(\omega) = P(\omega) \tilde{X}(\Omega) \Big|_{\Omega=\omega}$

2) $P(\omega) = 0.5[\text{Sa}(0.5\omega + 4\pi) + \text{Sa}(0.5\omega - 4\pi)e^{-j0.5\omega}]$, $Y(\omega) = 0.5\tilde{X}(\omega)[\text{Sa}(0.5\omega + 4\pi) + \text{Sa}(0.5\omega - 4\pi)e^{-j0.5\omega}]$

7.20 1) $\tilde{P}(\Omega) = \frac{2\pi}{N} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \left\{ \frac{\sin[k(M+1)\pi/N]}{\sin(k\pi/N)} e^{-jk(M/N)\pi} \delta\left(\Omega - k\frac{2\pi}{N}\right) \right\}$

2) $\tilde{Y}(\Omega) = \frac{2\pi}{N} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \left\{ \frac{\sin[k(M+1)\pi/N]}{\sin(k\pi/N)} e^{-j(M\Omega/2)} \tilde{X}\left(\Omega - k\frac{2\pi}{N}\right) \right\}$, 其幅度频谱 $|\tilde{Y}(\Omega)|$ 和相位频谱 $\angle\tilde{Y}(\Omega)$ 如图 PS 7.20-1 所示, 图中假定 $N=10$ 、 $M=5$ 和 $\Omega_M = \pi/N$ 。 $\tilde{Y}(\Omega)$ 不产生混叠要求 $\Omega_M \leq \pi/N$ 。

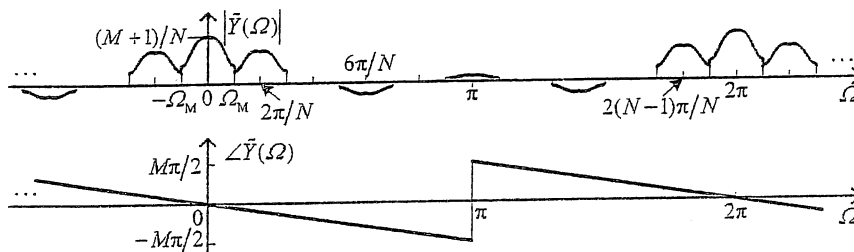


图 PS 7.20-1

3) 解调器是一个离散时间理想低通滤波器, 在 $\Omega_M = \pi/N$ 时, 其频率响应 $\tilde{H}_{LP}(\Omega)$ 如图 PS 7.20-2 所示。

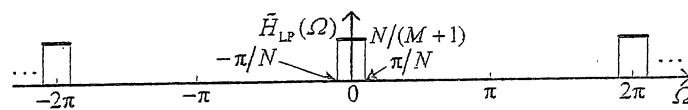


图 PS 7.20-2

4) 若 $M=0$, $\tilde{p}[n]$ 就是周期为

N 的周期冲激串, 上述结果就相当于离散时间周期冲激串抽样, 即 $\tilde{Y}(\Omega) = \tilde{Y}_p(\Omega)$, $\Omega_M \leq \pi/N$ 就是离散时域抽样的带限条件, $\tilde{H}_{LP}(\Omega)$ 就成为抽样重构滤波器。

7.21 1) SSB 和 FDM 要求的最小传输带宽为 240 kHz 2) PAM 和 TDM 则为 260 kHz(考虑帧同步)

7.22 1) $x_1(t)$ 和 $x_2(t)$ 的最低抽样速率为 $f_s/8 = 300$ 样本/秒。

7.24 不同滚降因子 α 时的余弦滚降滤波器的频率响应 $H(\omega)$ 如图 PS 7.24-1 所示, 其单位冲激响应 $h(t)$ 为

$$h(t) = \frac{\omega_c}{\pi} \frac{\text{Sa}(\omega_c t) \cos(\alpha \omega_c t)}{1 - (2\alpha \omega_c t / \pi)^2}$$

图 PS 7.24-2 概略画出了归一化的 $h(t)$ 之波形图。

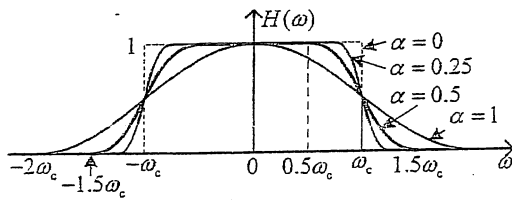


图 PS 7.24-1

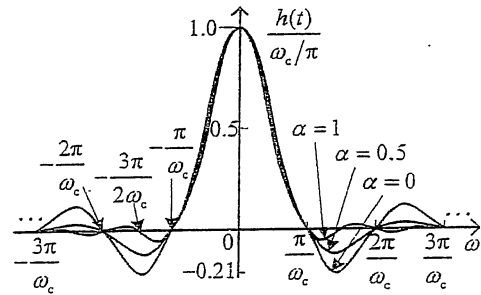


图 PS 7.24-2

7.25 $h(t) = \frac{2}{\pi t} \sin^2\left(\frac{\omega_c t}{2}\right)$

7.26 1) 因果逆系统差分方程为

$$y[n] + 0.75y[n-1] + 0.125y[n-2] = x[n]$$

它的单位冲激响应为 $h_{inv}[n] = 2(-0.5)^n u[n] - (-0.25)^n u[n]$, 它是 IIR 系统。

2) 因果逆系统差分方程为 $y[n] + 0.5y[n-1] = x[n] - 0.25x[n-1] - 0.125x[n-2]$, 它的单位冲激响应为 $h_{inv}[n] = -0.25\delta[n-1] + (-0.5)^n u[n]$, 它是 IIR 系统。

3) 因果逆系统差分方程为 $y[n] = x[n] - 1.5x[n-1] + 0.75x[n-2] - 0.125x[n-3]$, 它的单位冲激响应为 $h_{inv}[n] = \delta[n] - 1.5\delta[n-1] + 0.75\delta[n-2] - 0.125\delta[n-3]$, 它是 FIR 系统。

7.27 2) $g_0 \approx -0.079$, $g_1 \approx 0.267$, $g_2 \approx 0.731$, $g_3 \approx -0.225$, $g_4 \approx 0.295$

3) $\hat{h}[n] \approx -0.0158\delta[n] + 0.0732\delta[n-1] + \delta[n-4] + 0.2037\delta[n-7] - 0.0737\delta[n-8]$, 除 $\hat{h}[4] = 1$ 外, $\hat{h}[n]$ 的最大非零序列值为 $h[1] \approx 0.0732$ 。

第 8 章

8.1 1) $F(s) = \frac{(\cos \phi_0)s - \omega_0 \sin \phi_0}{s^2 + \omega_0^2}$, $\text{Re}\{s\} > 0$, 零、极点如图 PS 8.1-1 所示。不存在傅里叶变换。

2) $F(s) = \frac{2s+a+b}{(s+a)(s+b)}$, $\text{Re}\{s\} > -\min\{a,b\}$, 零、极点和收敛域见图 PS 8.1-2。 $F(\omega) = \frac{2j\omega+a+b}{(j\omega+a)(j\omega+b)}$

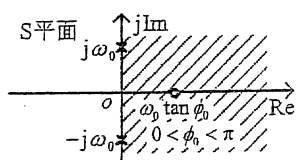


图 PS 8.1-1

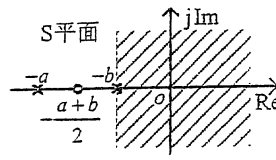


图 PS 8.1-2

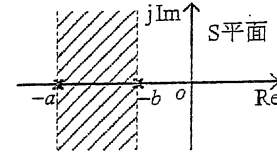


图 PS 8.1-3

3) $F(s) = \frac{b-a}{(s+a)(s+b)}$, $-a < \text{Re}\{s\} < -b$, 零、极点和收敛域见图 PS 8.1-3。不存在傅里叶变换。

4) $F(s) = \frac{-(2s+a+b)}{(s+a)(s+b)}$, $\text{Re}\{s\} < -b$, 零、极点和收敛域见图 PS 8.1-4。 $F(\omega) = \frac{-(2j\omega+a+b)}{(j\omega+a)(j\omega+b)}$ 。

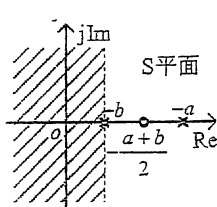


图 PS 8.1-4

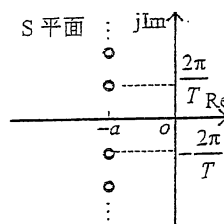
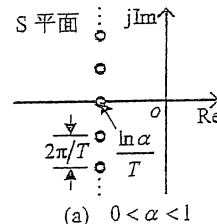
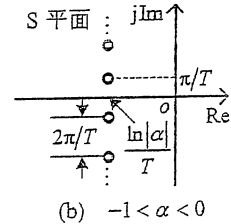


图 PS 8.1-5



(a) $0 < \alpha < 1$



(b) $-1 < \alpha < 0$

图 PS 8.1-6

5) $F(s) = \frac{1 - e^{-(s+a)T}}{s+a}$, S 平面都收敛, 零、极点见图 PS 8.1-5. $F(\omega) = \frac{1 - e^{-j(\omega+a)T}}{j\omega+a}$

6) $F(s) = \frac{1}{1 - ae^{-sT}}$, $\text{Re}\{s\} > \frac{\ln|a|}{T}$, 零、极点见图 PS 8.1-5. $|a| < 1$ 时存在傅立叶变换 $F(\omega) = \frac{1}{1 - ae^{-j\omega T}}$.

8.2

1) $F(z) = \frac{1}{1 - az^{-N}}$, $|z| > |a|^{1/N}$, 零、极点和收敛域见图 PS 8.2-1. $|a| < 1$ 时有 DTFT, $\bar{F}(\Omega) = \frac{1}{1 - ae^{-jN\Omega}}$.

2) $F(z) = \frac{1 - (az^{-1})^N}{1 - az^{-1}}$, $|z| > 0$, 零、极点和收敛域如图 PS 8.2-2 所示. $\bar{F}(\Omega) = \frac{1 - a^N e^{-jN\Omega}}{1 - ae^{-j\Omega}}$.

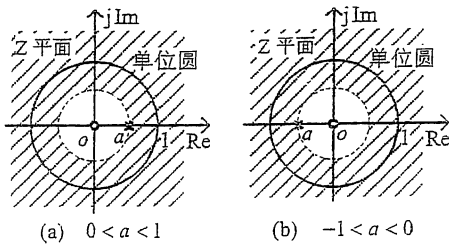


图 PS 8.2-1

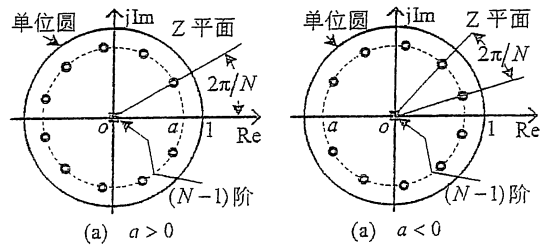


图 PS 8.2-2

3) $F(z) = \frac{2 - (a+b)z^{-1}}{(1 - az^{-1})(1 - bz^{-1})}$, $|z| > |a|$, 零、极点和收敛域见图 PS 8.2-3. $\bar{F}(\Omega) = \frac{2 - (a+b)e^{-j\Omega}}{(1 - ae^{-j\Omega})(1 - be^{-j\Omega})}$.

4) $F(z) = \frac{2 - (a+1/b)z^{-1}}{(1 - az^{-1})(1 - bz^{-1})}$, $\min\{|a|, |b^{-1}|\} < |z| < \max\{|a|, |b^{-1}|\}$, 零、极点和收敛域见图 PS 8.2-3.

5) $F(z) = \frac{(b^{-1} - a^{-1})z^{-1}}{(1 - b^{-1}z^{-1})(1 - a^{-1}z^{-1})}$, $|b^{-1}| < |z| < |a^{-1}|$, 零、极点和收敛域见图 PS 8.2-3. 有 DTFT, 它为

$$\bar{F}(\Omega) = \frac{1}{1 - b^{-1}e^{-j\Omega}} - \frac{1}{1 - a^{-1}e^{-j\Omega}}$$

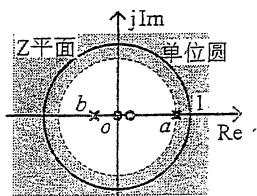


图 PS 8.2-3

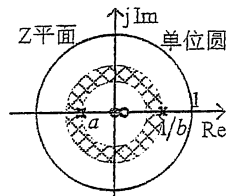


图 PS 8.2-4

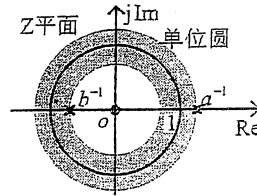


图 PS 8.2-5

- 8.3 1) ① (a) $-2 < \text{Re}\{s\} < 2$ (b) 整个 S 平面 (c) $\text{Re}\{s\} > -2$ (d) $\text{Re}\{s\} > 0$
 ② (a) $\text{Re}\{s\} > 2$ (b) 有限 S 平面 (c) $\text{Re}\{s\} > -2$ (d) $\text{Re}\{s\} > 0$
 ③ (a) $\text{Re}\{s\} < -2$ (b) 有限 S 平面 (c) $\text{Re}\{s\} < -2$ (d) $\text{Re}\{s\} < 0$

2) (a) 若 $R_f = \{-2 < \text{Re}\{s\} < 2\}$, 则 $f(t) = \alpha[e^{2t}u(-t) + e^{-2t}u(t)]$, 它是两边无限的时间函数。

若 $R_f = \{\text{Re}\{s\} > 2\}$, 则 $f(t) = \alpha[e^{2t}u(t) - e^{-2t}u(t)]$, 它是右边时间函数。

若 $R_f = \{\text{Re}\{s\} < -2\}$, 则 $f(t) = \alpha[e^{-2t}u(-t) - \beta e^{2t}u(-t)]$, 它是左边时间函数。

(b) R_f 只能是有限 S 平面, $f(t) = \alpha[\delta^n(t) - \delta(t)]$, 它是有限持续期的时间函数。

(c) 若 $R_f = \{\text{Re}\{s\} > -2\}$, 则 $f(t) = \alpha[\delta(t) - 4e^{-2t}u(t)]$, 它是右边时间函数。

若 $R_f = \{\text{Re}\{s\} < -2\}$, 则 $f(t) = \alpha[\delta(t) + 4e^{-2t}u(-t)]$, 它是左边时间函数。

(d) 若 $R_f = \{\text{Re}\{s\} > 0\}$, 则 $f(t) = \alpha \sin(t)u(t)$, 它是右边时间函数。

若 $R_f = \{\text{Re}\{s\} < 0\}$, 则 $f(t) = \alpha \sin(t)u(-t)$, 它是左边时间函数。

8.5 1) 在有限 S 平面上有 4 个一阶零点, 或 2 个二阶零点, 或 1 个 3 阶和 1 个一阶零点, 或 1 个 4 阶零点, 但没有提供这些零点的位置信息。

2) 与 1) 小题相同。 3) 在有限 S 平面上零点的阶数总和等于 5, 但没有其位置信息。

8.6 1) $z=0$ 是一个 4 阶极点 2) 无穷远点是 4 阶极点 3) 与 2) 小题相同
4) 极点均在单位圆内部, 且总阶数等于 4 5) 极点均在单位圆外, 且总阶数等于 4

8.7 1) $f(t) = [2e^{-3t} - e^{-2t}]u(t)$ 2) $f(t) = [e^{-2t} - 2e^{-3t}]u(-t)$
3) $f(t) = -e^{-t}u(-t) - tu(t)$ 4) $f(t) = e^{-|t|} \text{sgn}(t)$

8.8 1) $f[n] = -(8/3)2^n u[-n-1] - (5/3)(0.5)^n u[n]$
2) $f[n]$ 是右边序列, $f[n] = \delta[n] - (-0.5)^{n-1} u[n-1]$; $f[n]$ 是左边序列, $f[n] = (-2)^{1-n} u[-n-1] - \delta[n]$ 。
3) $f[n] = (1/3)(-0.25)^n u[n] + (2/3)(0.5)^n u[n]$

8.9 1) $f[n] = (0.5)^{n-1} u[n-1]$ 2) $f[n] = -2^{-1-n} u[-n-2]$ 3) $f[n] = (a^2 - 1)a^{-n-1} u[n-1] - a^{-1} \delta[n]$
4) $f[n] = (-0.5)^n u[n]$ 5) $f[n] = [4(-0.5)^n - 3(-0.25)^n] u[n]$

8.10 1) $f[n] = 2u[n] - (0.5)^n u[n]$ 2) $f[n] = (0.5)^n u[-n-1] - 2u[-n-1]$

8.11 1) $F(z) = e^{-z} = \sum_{n=-\infty}^0 \frac{1}{(-n)!} z^{-n}$, $f[n] = \frac{1}{(-n)!} u[-n]$ 2) $F(z) = e^z = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} z^n$, $f[n] = \frac{1}{n!} u[n]$

3) (i) $f[n] = \frac{1}{n} 2^{-n} u[-n-1]$ (ii) $f[n] = -\frac{1}{n} 2^{-n} u[n-1]$

8.12 1) $F(s) = \frac{2s}{s^2 - a^2}$, $\text{Re}\{a\} < \text{Re}\{s\} < \text{Re}\{-a\}$, 其零、极点和收敛域如图 PS 8.12-1 所示。

3) $F(s) = -\frac{[s - (1-a)]e^{2a+s}}{(s+a)^2}$, $\text{Re}\{s\} > -\text{Re}\{a\}$, 其零、极点和收敛域如图 PS 8.12-3 所示。

4) $F(s) = \frac{\pi e^s (1 + 2e^{-s} + e^{-2s})}{s^2 + \pi^2}$, R_f 是有限 S 平面, 其零、极点如图 PS 8.12-4 所示。

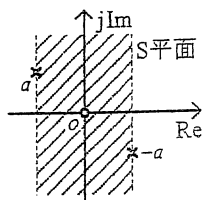


图 PS 8.12-1

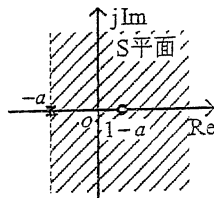


图 PS 8.12-3

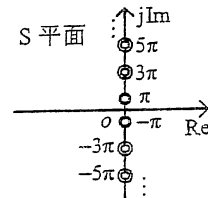


图 PS 8.12-4

5) $F(z) = \frac{\sin(\pi/8)(z^3 + z^{-3})}{1 - 2\cos(\pi/8)z^{-1} + z^{-2}}$, $|z| < \infty$, 其零、极点和收敛域如图 PS 8.12-5 所示。

6) $F(s) = \ln \frac{s}{s+a}$, $\text{Re}\{s\} < -\text{Re}\{a\}$, 其零、极点和收敛域如图 PS 8.12-6 所示。

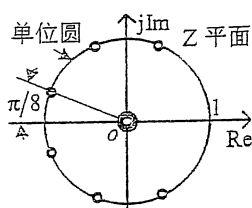


图 PS 8.12-5

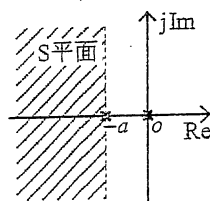


图 PS 8.12-6

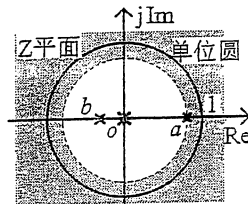


图 PS 8.12-7

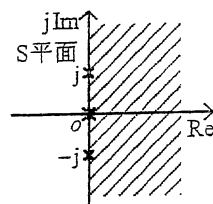


图 PS 8.12-8

7) $F(z) = \ln \frac{1-az^{-1}}{1-bz^{-1}}$, $|z| > \max\{|a|, |b|\}$, 其零、极点和收敛域如图 PS 8.12-7 所示。

8) $F(s) = 0.5 \ln \frac{s^2 + 1}{s^2}$, $\text{Re}\{s\} > 0$, 其零、极点和收敛域如图 PS 8.12-8 所示。

10) $F(s) = \frac{s}{(s^2 + \pi^2)(1 - e^{-s})}$, $\text{Re}\{s\} > 0$, 其零、极点和收敛域如图 PS 8.12-10 所示。

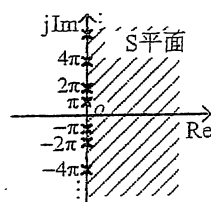


图 PS 8.12-10

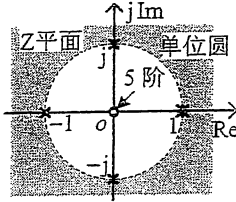


图 PS 8.12-11

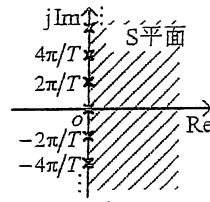


图 PS 8.12-12

11) $F(z) = \frac{1}{(1 - z^{-1})(1 - z^{-4})}$, $|z| > 1$, 其零、极点和收敛域如图 PS 8.12-11 所示。

12) $F(s) = \frac{1}{(1 - e^{-sT})}$, $\text{Re}\{s\} > 0$, 其零、极点和收敛域如图 PS 8.12-12 所示。

13) $F(s) = \frac{(s+4)}{e(s+2)^2} e^{-\frac{s}{2}}$, $\text{Re}\{s\} > -2$, 其零、极点和收敛域如图 PS 8.12-13 所示。

14) $F(z) = \frac{1}{1 - z^{-N}}$, $|z| > 1$, 其零、极点和收敛域如图 PS 8.12-14 所示。

15) $F(z) = 3 + 2z^{-1} + z^{-2} + \frac{z^{-4}}{(1 - z^{-1})^2}$, $|z| > 1$, 其极点和收敛域如图 PS 8.12-15 所示。

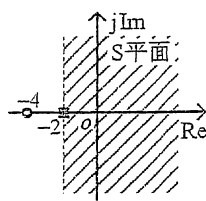
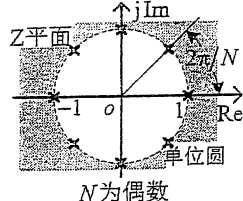
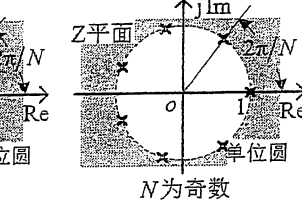


图 PS 8.12-13



N为偶数



N为奇数

图 PS 8.12-14

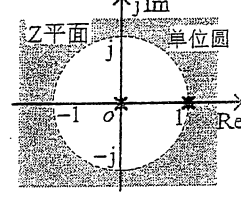


图 PS 8.12-15

- 8.13 1) $f(t) = e^{-2}\delta(t-2) - e^{-2}\{2\cos[2(t-2)] - 2.5\sin[2(t-2)]\}e^{-(t-2)}u(t-2)$
 2) $f[n] = (n+3)(n+2)a^{n+1}u[n+1]$ 3) $f[n] = (n+3)(n+2)a^{n-1}u[-n-2]$
 4) $f(t) = e^{-2}\delta(t-2) - e^{-2}\{2\cos[2(t-2)] - 2.5\sin[2(t-2)]\}e^{-(t-2)}u(-t+2)$
 5) $f(t) = e^{-t}u(t) - e^{-(t-T)}u(t-T)$ 6) $f[n] = a^n u[n] - a^{n-N} u[n-N]$
 7) $f(t) = \sum_{k=0}^{\infty} u(t+1-k)$ 9) $f[n] = \sum_{k=0}^{\infty} \delta[n-kN-1]$ 10) $f(t) = \cos(\pi t)[u(t) - u(t-1)]$
 11) $f(t) = tu(t) - 2(t-1)u(t-1) + (t-2)u(t-2)$ 12) $f[n] = \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \delta[n-kN-1]$
 13) $f(t) = \frac{e^{-2t} - e^{-t}}{t} u(t)$ 14) $f[n] = \begin{cases} a^{n/2} \sin(\Omega_0 n/2) u[n/2], & n = 2l \\ 0, & n \neq 2l \end{cases}$

- 8.14 1) (i) 图(c)和(d)是偶时间函数的拉普拉斯变换零、极点图, 它们的收敛域都是 $\{-1 < \text{Re}\{s\} < 1\}$ 。
 (ii) 图(a)是奇时间函数的拉普拉斯变换零、极点图, 其收敛域是 $\{-1 < \text{Re}\{s\} < 1\}$ 。
 2) (i) 图(f)和(g)是偶序列的Z变换零、极点图, 它们的收敛域分别是 $\{a < |z| < 1/a\}$ 和 $\{0 < |z| < \infty\}$ 。
 (ii) 图(b)是奇序列的Z变换零、极点图, 其收敛域是 $\{a < |z| < 1/a\}$

8.15 1) $F_u(s) = F(s) = 1/(s+a)$, $\text{Re}\{s\} > -a$, 其零、极点图见原书第8章图8.2(a)。

- 2) $F_u(s) = (s+a)^{-1}$, 而 $F(s) = -2a/(s^2 - a^2)$, $\text{Re}\{-a\} < \text{Re}\{s\} < \text{Re}\{a\}$, 它们的零、极点图分别见原书第 8 章图 8.2(a)和图 8.11(c).
- 3) $F_u(s) = (s+a)^{-1}$, 而 $F(s) = 2s/(s^2 - a^2)$, $\text{Re}\{-a\} < \text{Re}\{s\} < \text{Re}\{a\}$, 它们的零、极点图分别见原书第 8 章图 8.2(a)和本习题答案图 PS 8.12-1.
- 4) $F_u(z) = F(z) = 1/(1-az^{-1})$, $|z| > |a|$, 其零、极点图见原书第 8 章图 8.2(b).
- 5) $F_u(z) = \frac{1}{1-az^{-1}}$, $|z| > |a|$, 而 $F(z) = \frac{[(a^2-1)/a]z^{-1}}{(1-az^{-1})(1-a^{-1}z^{-1})}$, $|a| < |z| < |a^{-1}|$, 它们的零、极点图分别见原书第 8 章图 8.2(b)和本习题答案图 PS 8.12-2 所示.

- 6) $F_u(z) = \frac{1}{1-az^{-1}}$, 而 $F(z) = \frac{1-z^{-2}}{(1-az^{-1})(1-a^{-1}z^{-1})}$, $|a| < |z| < |a^{-1}|$, 它们的零、极点图分别见原书第 8 章图 8.2(b)和该章习题图 PS 8.14-2(b).

- 7) $F_u(s) = F(s) = \frac{1-e^{-(s+a)T}}{s+a}$, $\text{Re}\{s\} > \text{Re}\{a\}$, 其零、极点图见本习题答案图 PS 8.1-5.

- 8) $F_u(s) = F(s) = 3s + \frac{s}{s^2 + \omega_0^2}$, $\text{Re}\{s\} > 0$, 且部包括无穷远点, 其零、极点图见图 PS 8.15-1.

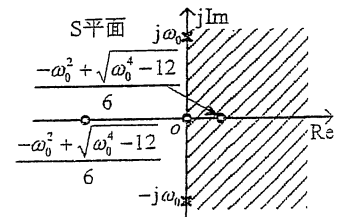


图 PS 8.15-1

- 9) $F_u(z) = F(z) = \frac{1-a^N z^{-N}}{1-az^{-1}}$, $|z| > |a|$, 其零、极点图见图 PS 8.2-2.

- 10) $F_u(s) = 3s + \frac{s}{s^2 + \omega_0^2}$, $\text{Re}\{s\} > 0$, 其零、极点图见图 PS 8.15-1; 但没有双边拉普拉斯变换.

- 11) $F_u(z) = F(z) = 1 - z^{-1} - \frac{z^{-2} \sin \Omega_0}{1 - 2 \cos(\Omega_0) z^{-1} + z^{-2}}$, $|z| > 1$, 其极点图见原书第 8 章图 8.15(b)

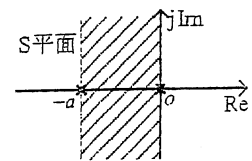


图 PS 8.15-2

- 12) $F_u(z) = 1 - z^{-1} - \frac{z^{-2} \sin \Omega_0}{1 - 2 \cos(\Omega_0) z^{-1} + z^{-2}}$, $|z| > 1$, 其极点图同 11) 小题; 但没有双边 Z 变换.

- 13) $F_u(s) = F(s) = 1/(s+a)$, $\text{Re}\{s\} > -a$, 其零、极点图同 1) 小题; $F(s) = -a/s(s+a)$, 其零、极点图见图 PS 8.15-2.

- 14) $F_u(z) = \frac{1}{1-az^{-1}}$, $|z| > |a|$, 其零、极点图同 1) 小题;

$$F(z) = \frac{(a-1)z^{-1}}{(1-az^{-1})(1-z^{-1})}, |a| < |z| < 1, \text{ 其零、极点图见图 PS 8.15-3.}$$

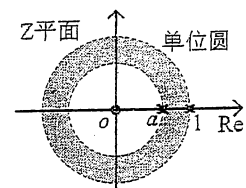


图 PS 8.15-3

- 15) $F_u(s) = 1/(1-e^{-sT})$, $\text{Re}\{s\} > 0$, 其零、极点和收敛域见图 PS 8.12-12; 但没有双边拉普拉斯变换.

- 16) $F_u(z) = 1/(1-z^{-N})$, $|z| > 1$, 其零、极点和收敛域见图 PS 8.12-14; 但没有双边 Z 变换.

- 17) 15) $F_u(s) = F(s) = 1/(1-e^{-sT})$, $\text{Re}\{s\} > 0$, 其零、极点和收敛域见图 PS 8.12-12.

- 18) $F_u(z) = F(z) = 1/(1-z^{-N})$, 其零、极点和收敛域见图 PS 8.12-14.

8.17 1) $\lim_{t \rightarrow 0^+} x(t) = 1$ 和 $\lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = 0$

2) $x[0] = 1$ 和 $\lim_{n \rightarrow \infty} x[n] = 0$

3) $\lim_{t \rightarrow 0^+} x(t) = 10$ 和 $\lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = 4$

4) $\lim_{t \rightarrow 0^+} x(t) = 2$ 和 $\lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = 2$

5) $\lim_{t \rightarrow 0^+} x(t) = 0$ 和 $\lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = \infty$

6) $x[0] = 1$ 和 $\lim_{n \rightarrow \infty} x[n] = 0$

7) $x[0] = 1$ 和 $\lim_{n \rightarrow \infty} x[n] = 0$

8) $x[0] = 0$ 和 $\lim_{n \rightarrow \infty} x[n] = 2$

第9章

- 9.1 1) ① $y(t) = -0.2[e^{2t}u(-t) + e^{-2t}u(t)]$ ② $y(t) = 0.04\{(3-5t)e^{2t} + e^{-t}[4\sin(2t) - 3\cos(2t)]\}u(t)$
 ③ $y(t) = [(t-2)e^{-2t} + (t+2)e^{-3t}]u(t)$ ④ $y(t) = 0.5e^{-|t|}$
 ⑥ $y(t) = \frac{2\cos(2\pi t)}{t} - \frac{\sin(2\pi t)}{\pi^2}$ ⑦ $y(t) = \frac{2}{1+\pi^2} \cos \pi t$ ⑧ 见习题答案 3.12。
 ⑨ 见习题答案 3.7 中的 1) ⑩ 见习题答案 3.7 中的 12) ⑪ 见习题答案 3.7 中的 11)
 2) ① $y[n] = \{3(0.75)^n - 2(0.5)^n\}u[n]$ ② $y[n] = \{4(0.5)^n + 3(n-1)(0.75)^n\}u[n]$
 ③ $y[n] = (0.5)^{n+1}[1 + \cos(\pi n/2) + \sin(\pi n/2)]u[n]$ ④ $y[n] = -(4/3)\cos(\pi n/2)$
 ⑤ $y[n] = 3\delta[n+5] + \delta[n+4] - \delta[n+3] - 3\delta[n+2] - \delta[n+1] + \delta[n] + 4\delta[n-1] - 2\delta[n-2] - 2\delta[n-2] + 4\delta[n-4]$

9.2 1) a) $H(s) = \frac{\omega_0^2}{s^2 + 2\alpha s + \omega_0^2}$, $H(\omega) = \frac{\omega_0^2}{(\omega_0^2 - \omega^2) + j2\alpha\omega}$, 其中, $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, $\alpha = \frac{1}{2RC}$
 2) a) $h(t) = \frac{\omega_0^2}{\omega_d} e^{-\alpha t} \sin(\omega_d t) u(t)$, $s(t) = \left\{ 1 - e^{-\alpha t} \left[\cos(\omega_d t) + \frac{\alpha}{\omega_d} \sin(\omega_d t) \right] \right\} u(t)$, 其中, $\omega_d^2 = \omega_0^2 - \alpha^2$ 。

9.3 1) a) $H(z) = \frac{1}{4} \frac{1-z^{-1}}{1+0.5z^{-1}}$ 和 $\tilde{H}(\Omega) = \frac{1}{4} \frac{1-e^{-j\Omega}}{1+0.5e^{-j\Omega}}$ b) $H(z) = 1 - 2z^{-1} + z^{-2}$ 和 $\tilde{H}(\Omega) = 1 - 2e^{-j\Omega} + e^{-2j\Omega}$
 2) a) $h[n] = 0.75(-0.5)^n u[n] - 0.5\delta[n]$ 和 $s[n] = 0.25(-0.5)^n u[n]$ 。
 b) $h[n] = \delta[n] - 2\delta[n-1] + \delta[n-2]$ 和 $s[n] = \delta[n] - \delta[n-1]$ 。

9.4 1) $y(t) = 0$
 2) $H(\omega) = \begin{cases} 0.5[1 - e^{-j(2\pi/\omega_c)\omega}], & |\omega| \leq \omega_c \\ 0, & |\omega| > \omega_c \end{cases}$, $h(t) = \frac{\omega_c}{2\pi} [\text{Sa}(\omega_c t) - \text{Sa}(\omega_c(t - 2\pi/\omega_c))]$ 。系统的幅频响应 $|H(\omega)|$ 、相频响应 $\angle H(\omega)$ 和单位冲激响应 $h(t)$ 分别如图 PS 9.4(a)、(b)和(c)所示。

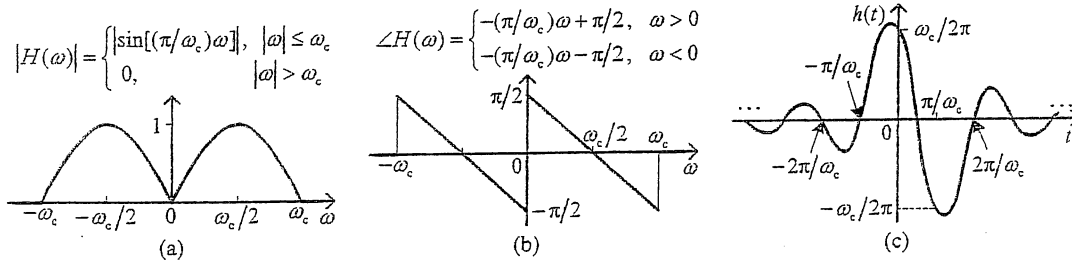


图 PS 9.4

9.6 1) $h(t) = 2e^{-2t}u(t) - e^{-t}u(t)$ $s(t) = (e^{-t} - e^{-2t})u(t)$
 2) $y''(t) + 3y'(t) + 2y(t) = x'(t)$ 3) $y(t) = 0.15e^{3t}$, $-\infty < t < \infty$

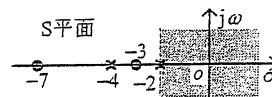


图 PS 9.7

9.7 1) $H(s) = \frac{(s+7)(s+3)}{2(s+4)(s+2)}$, $\text{Re}\{s\} > -2$, 零、极点如图 PS 9.7 所示。

2) $h(t) = 0.5\delta(t) + [1.25e^{-2t} + 0.75e^{-4t}]u(t)$, $s(t) = [21/16 - (3/16)e^{-4t} - (5/8)e^{-2t}]u(t)$ 。
 3) $y(t) = [2e^{-t} - 1.25e^{-2t} - 0.25e^{-4t}]u(t)$ 4) $y''(t) + 6y'(t) + 8y(t) = 0.5x'(t) + 5x'(t) + 11.5x(t)$

9.8 1) $H(z) = \frac{1-0.5z^{-1}}{[1-(1/3)z^{-1}][1-0.25z^{-1}]}$, $|z| > \frac{1}{3}$, 零、极点如图 PS 9.8 所示。

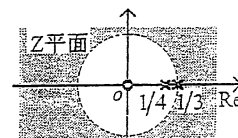


图 PS 9.8

2) $h[n] = [3(0.25)^n - 2(1/3)^n]u[n]$
 3) $y[n] - \frac{7}{12}y[n-1] + \frac{1}{12}y[n-2] = x[n] - \frac{1}{2}x[n-1]$

9.9 $x[n] = -\{[0.25n + 0.875](0.5)^n + 1.125(-0.5)^n\}u[n]$

9.10 1) $H(s) = \frac{3s^2 + 2s - 4}{(s+1)(s^2-4)}$, 零、极点如图 PS 9.10 所示。

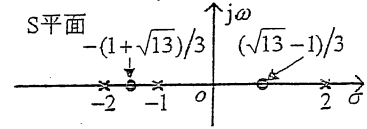


图 PS 9.10

2) a) 若系统稳定, 则 $h(t) = e^{-t}u(t) + e^{-2t}u(t) - e^{2t}u(-t)$ 。

b) 若系统因果, 则 $h(t) = e^{-t}u(t) + e^{-2t}u(t) + e^{2t}u(t)$ 。

c) 若系统反因果, 则 $h(t) = -e^{-t}u(-t) - e^{-2t}u(-t) - e^{2t}u(-t)$ 。

9.11 1) $H(z) = \frac{1 - 4z^{-1} + 0.25z^{-2}}{1 - 2z^{-1} - 0.25z^{-2} + 0.5z^{-3}}$, 零、极点如图 PS 9.11 所示。

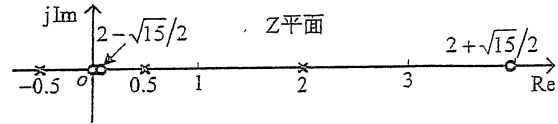


图 PS 9.11

2) a) 若系统稳定, 则有

$$h[n] = [(0.5)^n + (-0.5)^n]u[n] + 2^n u[-n-1]$$

b) 若系统因果, 则有 $h[n] = [(0.5)^n + (-0.5)^n + 2^n]u[n]$

c) 若系统反因果, 则有 $h[n] = [2^n - (0.5)^n + (-0.5)^n]u[-n-1]$

9.12 1) $H(z) = \frac{3 - 0.5z^{-1}}{(1 - 0.5z^{-1})(1 - 0.25z^{-1})}$, $|z| > \frac{1}{2}$, 零、极点如图 PS 9.12 所示。

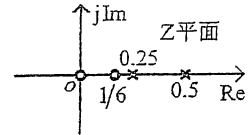


图 PS 9.12

$$\tilde{H}(\Omega) = \frac{3 - 0.5e^{-j\Omega}}{(1 - 0.5e^{-j\Omega})(1 - 0.25e^{-j\Omega})}$$

2) $h[n] = [4(0.5)^n - (0.25)^n]u[n]$

3) $y[n] - 0.75y[n-1] + 0.125y[n-2] = 3x[n] - 0.5x[n-1]$

9.15 $y_{zs}[n] = [2(0.5)^n - (0.25)^n]u[n]$, $y_{zi}[n] = [4(0.5)^n - 4(0.25)^n]u[n]$, $y[n] = [6(0.5)^n - 5(0.25)^n]u[n]$

9.16 $y_{zs}(t) = u(t) - 2e^{-t}u(t) + e^{-2t}u(t)$ $y_{zi}(t) = 2e^{-3t}u(t) - e^{-t}u(t)$

自由响应: $-3e^{-t}u(t) + e^{-2t}u(t) + 2e^{-3t}u(t)$

强迫响应: $u(t)$

暂态响应: $-3e^{-t}u(t) + e^{-2t}u(t) + 2e^{-3t}u(t)$

稳态响应: $u(t)$

9.17 $y_{zs}[n] = 6u[n] - 3(0.5)^n u[n]$

$y_{zi}[n] = (1/3)^n u[n]$

自由响应: $(1/3)^n u[n] - 3(0.5)^n u[n]$

强迫响应: $6u[n]$

暂态响应: $(1/3)^n u[n] - 3(0.5)^n u[n]$

稳态响应: $6u[n]$

9.18 1) 系统满足线性和稳定性 2) 系统满足线性、时不变性和因果性 3) 系统满足线性和稳定性

4) 系统满足线性、时不变性、因果性和稳定性 5) 系统满足线性和稳定性

6) 系统满足线性、因果性和稳定性 7) 系统满足线性和因果性 8) 系统满足线性和因果性

9) 系统满足线性、因果性和稳定性

10) 系统满足线性、因果性和稳定性

9.19 1) $y[n-1] - (1/2)y[n-2] = x[n] + x[n-1] + (1/4)x[n-2]$, 无穷远点是逆系统极点, 故逆系统非因果。

2) 延时逆系统的单位冲激响应为 $\hat{h}_{inv}[n] = \delta[n] + (3/2)\delta[n-1] + (0.5)^{n-2}u[n-2]$, 其差分方程为

$$v[n] - (1/2)v[n-1] = y[n] + y[n-1] + (1/4)y[n-2]$$

9.20 ① 1) 系统稳定。其逆系统的微分方程为 $2y'(t) + 3y(t) = x''(t) + 5x'(t) + 6x(t)$, 它因果, 但不稳定。

2) 其因果逆系统的单位冲激响应为 $h_{inv}(t) = 0.5\delta'(t) + 1.75\delta(t) + (3/8)e^{-1.5t}u(t)$

② 1) 系统稳定。其逆系统的微分方程为 $y''(t) + 2y'(t) + 5y(t) = x''(t) + 5x'(t) + 6x(t)$, 它既因果又稳定。

2) 其因果逆系统单位冲激响应为 $h_{inv}(t) = \delta(t) + e^{-t}[3\cos(2t) + 0.5\sin(2t)]u(t)$ 。

9.21 $b=1$, $H(s) = 2/s(s+4)$, $\text{Re}\{s\} > 0$, $s=0$ 和 $s=-4$ 是系统的一阶极点, 系统的微分方程为

$$y''(t) + 4y'(t) = 2x(t)$$

9.22 $H(s) = (s-3)/(s+3)$, $\text{Re}\{s\} > -3$, $s=-3$ 为一阶极点, $s=3$ 为一阶零点, 系统的微分方程为

$$y'(t) + 3y(t) = x'(t) - 3x(t)$$

9.23 $b = -9/8$, 当 $b = -9/8$ 时, 系统对输入为 $x[n] = 1, -\infty < n < \infty$ 时的输出为 $y[n] = -0.25, -\infty < n < \infty$ 。

9.24 1) $y(t) = 0$ 2) $h(t)$ 中包含有 $\delta(t)$ 、 $e^{-t}u(t)$ 和 $e^{-2t}u(t)$ 三个函数分量。

3) $H(s) = \frac{2}{15} \cdot \frac{s^2 + 4}{s^2 + 3s + 2}, \text{Re}\{s\} > -1$

4) $y''(t) + 3y'(t) + 2y(t) = \frac{2}{15}[x''(t) + 4x(t)]$

5) 幅频响应 $|H(\omega)|$ 和相频响应 $\varphi(\omega)$ 分别如图 PS 9.24(a) 和 (b) 所示。

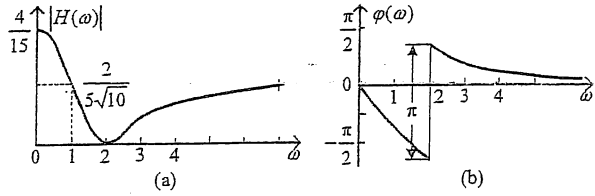


图 PS 9.24

9.25 1) $y[n] = 0$

2) $h[n]$ 有 $\delta[n]$ 、 $(0.5)^n u[n]$ 和 $(-0.5)^n u[n]$ 三个序列分量。

3) $H(z) = \frac{3}{4} \cdot \frac{1 - \sqrt{3}z^{-1} + z^{-2}}{1 - 0.25z^{-2}}, |z| > \frac{1}{2}$

4) $\tilde{H}(\Omega) = \frac{3}{4} \cdot \frac{1 - \sqrt{3}e^{-j\Omega} + e^{-j2\Omega}}{1 - 0.25e^{-j2\Omega}}$, 其幅频响应 $|\tilde{H}(\Omega)|$ 如图

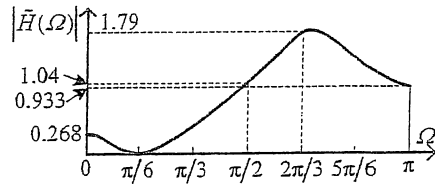
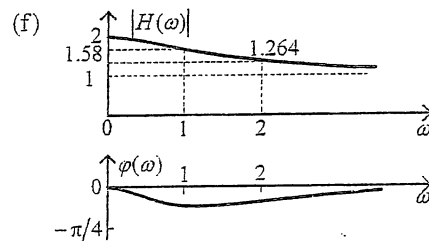
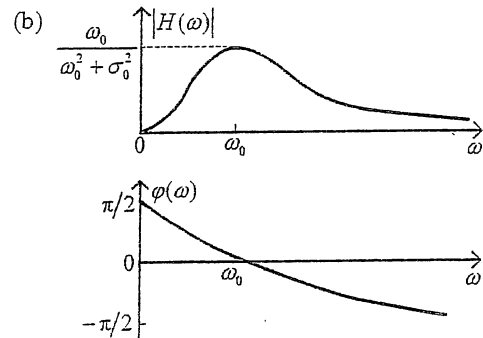
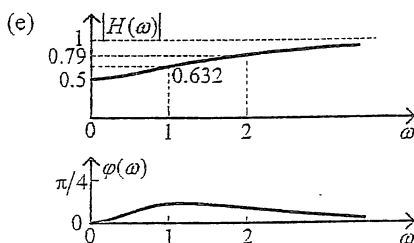
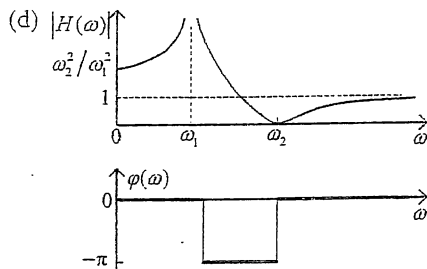
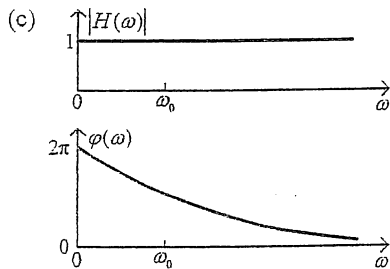


图 PS 9.10

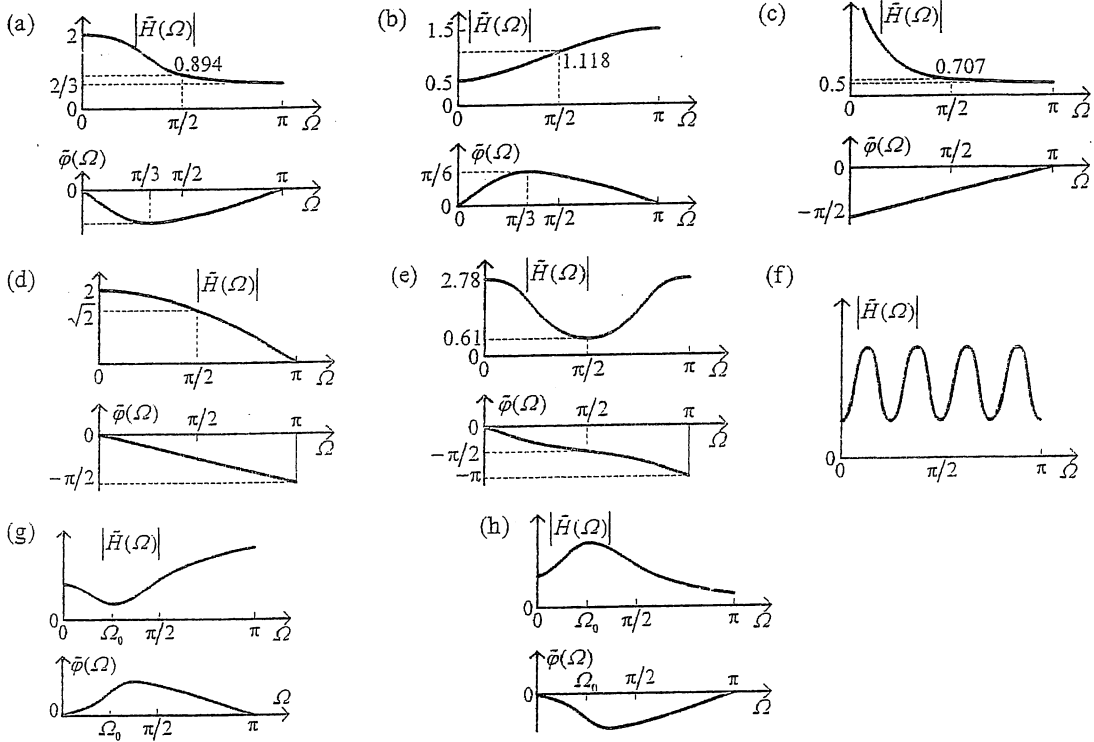
PS 9.25 所示。系统的差分方程为 $y[n] - 0.25y[n-2] = 0.75(x[n] - \sqrt{3}x[n-1] + x[n-2])$

5) $h[n] = [(5 + 2\sqrt{3})(0.5)^n + (5 - 2\sqrt{3})(-0.5)^n]u[n] - 8\delta[n]$
 $= [10\cos(\pi n/2) - 2\sqrt{3}\sin(\pi n/2)](0.5)^n u[n] - 8\delta[n]$

9.26 下面只概略画出 $\omega \geq 0$ 上的幅频响应 $|H(\omega)|$ 和相频响应 $\varphi(\omega)$, $\omega \geq 0$ 的 $|H(\omega)|$ 和 $\varphi(\omega)$ 可以由傅里叶变换的对称性得到。



9.27 下面只概略画出 $0 \leq \Omega \leq \pi$ 上的幅频响应 $|\tilde{H}(\Omega)|$ 和相频响应 $\tilde{\varphi}(\Omega)$, 其余频率范围上的 $|\tilde{H}(\Omega)|$ 和 $\tilde{\varphi}(\Omega)$ 可以由离散时间傅里叶变换的对称性和 2π 的周期性得到。



9.29 1) 补偿系统是测量系统的因果逆系统, 其系统函数为 $H_{inv}(s) = 1/(s\tau + 1)$ 。单位阶跃响应 $h_{inv}(t)$ 为 $h_{inv}(t) = \delta(t) + \tau\delta'(t)$

2) 补偿系统的输出为 $\hat{x}(t) = u(t) + \beta \sin(\omega t) + \beta\tau\omega \cos(\omega t)$, 其中, 除了此时的被测量的信号 $u(t)$ 和原噪声 $\beta \sin(\omega t)$ 外, 还包含一个正比于 ω 的噪声 $\beta\tau\omega \cos(\omega t)$, 尽管 β 是一个小的值, 但是若 ω 很大时, 系统的输出将与被测量信号很不一样。而且由于补偿系统不稳定, 甚至会产生高频振荡。

9.34 在图 P9.26 中, 图(c)和(g)的系统是连续时间全通系统, 而图(a)、(e)和(f)的系统是连续时间最小相移系统。在图 P9.27 中, 图(a)、(b)、(g)和(h)的系统是离散时间最小相移系统, 没有离散时间全通系统。

9.32 (a) 非最小相移系统, 它可以看成 $H_{min}(s) = \frac{(s+1)^2 + 1}{[(s+1)^2 + 4](s+2)}$ 与 $H_{ap}(s) = \frac{s-1}{s+1}$ 的级联。

(b) 非最小相移系统, 它可以看成 $H_{min}(s) = \frac{(s+1)^2 + 4}{[(s+1)^2 + 1](s+2)}$ 与 $H_{ap}(s) = \frac{s-1}{s+1}$ 的级联。

(c) 非最小相移系统, 它可以看成 $H_{min}(s) = \frac{[(s+1)^2 + 1](s+1)}{[(s+1)^2 + 4](s+2)}$ 与 $H_{ap}(s) = \frac{(s-1)^2 + 1}{(s+1)^2 + 1}$ 的级联。

(d) 非最小相移系统, 可看成 $H_{min}(z) = \frac{(1-0.5z^{-1})z^{-1}}{[1-(\sqrt{2}/2)z^{-1} + 0.25z^{-2}](1+0.5z^{-1})}$ 与 $H_{ap}(z) = \frac{1-2z^{-1}}{1-0.5z^{-1}}$ 的级联。

(e) 非最小相移系统, 它可以看成 $H_{min}(z) = \frac{z^{-2}}{[1-(\sqrt{2}/2)z^{-1} + 0.25z^{-2}]}$ 与 $H_{ap}(z) = \frac{1+2z^{-1}}{1+0.5z^{-1}}$ 的级联。

(f) 非最小相移系统, 可看成 $H_{min}(z) = \frac{1}{(1+0.5z^{-1})}$ 与 $H_{ap}(z) = \frac{1-2z^{-1}}{1-0.5z^{-1}}$ 的级联。

9.33 1) $b = -a$ 时为一阶全通系统, 全通函数为 $H_{ap}(z) = -a \frac{1 - a^{-1}z^{-1}}{1 - az^{-1}}$.

2) 在 $a = 0.5$ 和 $a = -0.5$ 时, 这个全通系统的相频响应 $\bar{\varphi}(\Omega)$ 如图 PS 9.34 所示, 图中还画出了单位延时系统的相频响应。各自的单位冲激响应分别为

$a = 0.5$ 时, $h_{ap}[n] = 2\delta[n] - 1.5(0.5)^n u[n]$
 $a = -0.5$ 时, $y[n] = (0.5 - 1.5n)(-0.5)^n u[n]$

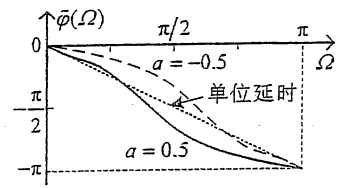


图 PS 9.34

9.34 1) $H(s) = \frac{1}{1 - \alpha e^{-sT}}$, $\text{Re}\{s\} > \frac{\ln|\alpha|}{T}$

2) 逆系统系统函数 $H_{inv}(s) = 1 - \alpha e^{-sT}$
 在实常数 $0 < \alpha < 1$ 和 $-1 < \alpha < 0$ 时, $H(s)$ 的零、极点分布分别如图 PS 9.34-1 (a) 和 (b) 所示。其逆系统的零、极点分布分别如图 PS 9.34-1 (a) 和 (b) 中的所有极点替换成相同位置的一阶零点。

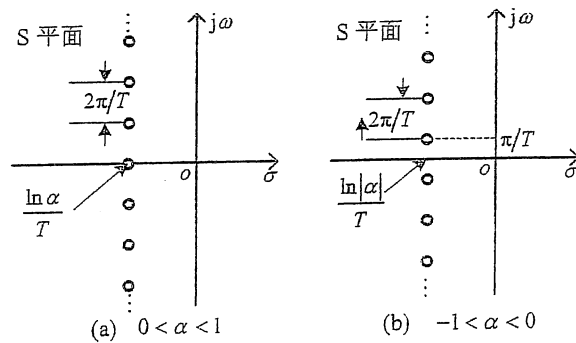


图 PS 9.34-1

3) 该系统及其逆系统的幅频响应分别为

$|H(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 - 2\alpha \cos(\omega T) + \alpha^2}}$, $|H_{inv}(\omega)| = \sqrt{1 - 2\alpha \cos(\omega T) + \alpha^2}$, 分别如图 PS 9.34-2 (a) 和 (b) 所示。

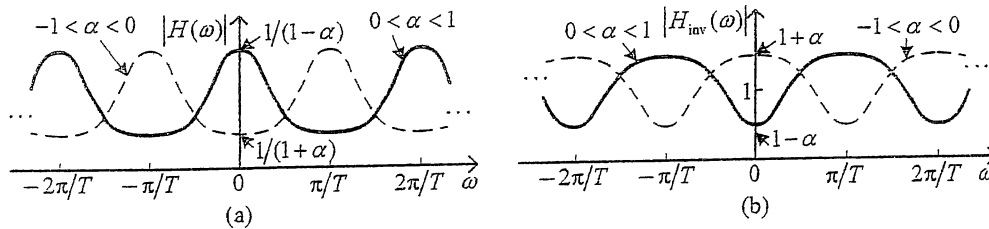


图 PS 9.34-2

4) $h_{inv}(t) = \delta(t) - \alpha\delta(t-T)$, 逆系统的微分方程为 $y(t) = x(t) - \alpha x(t-T)$.

9.35 1) $y(t) = 0$

2) 系统的单位冲激响应可以非常精确地近似为 $h(t) = \frac{\sin(\pi t)}{\pi t} - \frac{\sin[\pi(t-1)]}{\pi(t-1)}$, 其波形如图 PS 9.35 所示。

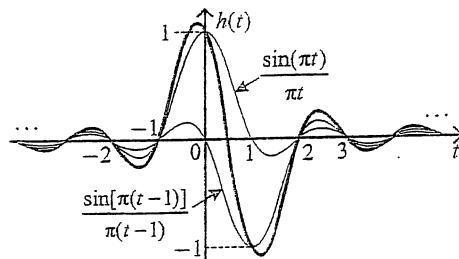


图 PS 9.35

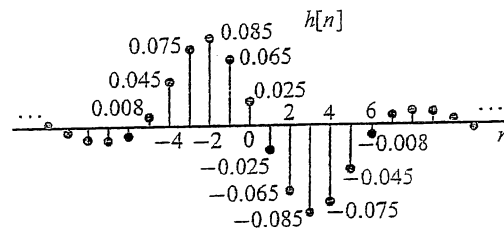
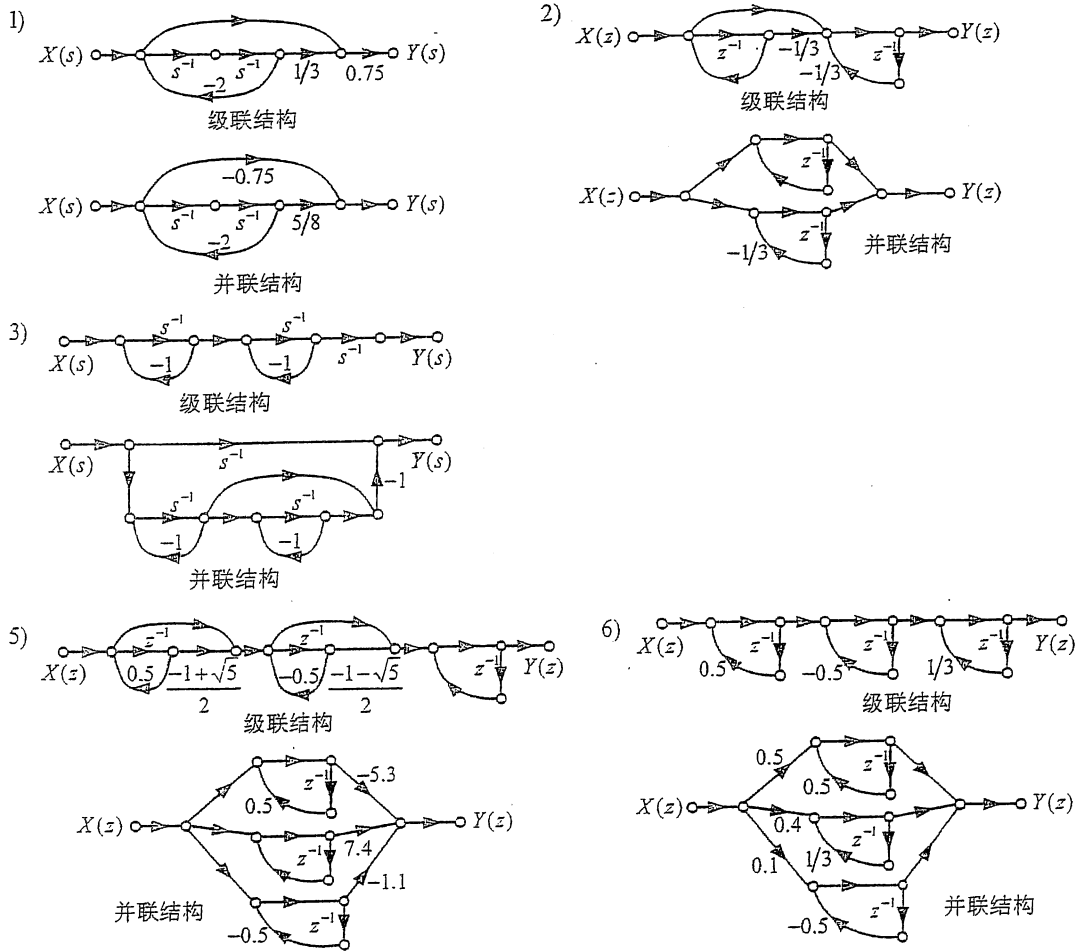


图 PS 9.36

9.36 1) $y[n] = 0$

2) 系统的单位冲激响应为 $h[n] = \frac{\sin(\pi n/4)}{\pi n} - \frac{\sin[\pi(n-1)/4]}{\pi(n-1)}$, 其序列图形如图 PS 9.36 所示。

9.37



9.38 1) ① $H(s) = \frac{2}{s^3 + 2s^2 + s + 2}$, 其零、极点如图 PS 9.38-1 所示。

② 幅频响应 $|H(\omega)|$ 和相频响应 $\varphi(\omega)$ 如图 PS 9.38-2 所示。

③ 单位冲激响应 $h(t)$ 和单位阶跃响应 $s(t)$ 分别为

$$h(t) = 0.4[(e^{-2t} - \cos(t) + 2\sin(t))u(t)] \quad s(t) = [1 - 0.4e^{-2t} - 0.8\cos(t) - 0.4\sin(t)]u(t)$$

④ 系统的微分方程为 $y'''(t) + 2y''(t) + y'(t) + 2y(t) = 2x(t)$ 。

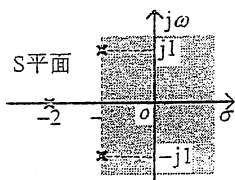


图 PS 9.38-1

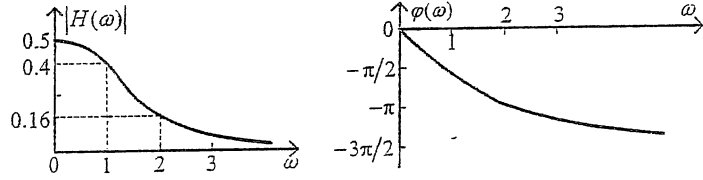


图 PS 9.38-2

2) ① $H(z) = \frac{3[1 + (2/9)z^{-1}]}{(1 - 0.5z^{-1})[1 + (2/3)z^{-1}]} = \frac{2}{1 - 0.5z^{-1}} + \frac{1}{1 + (2/3)z^{-1}}$, 其零、极点如图 PS 9.38-3 所示。

② 幅频响应 $|\tilde{H}(\Omega)|$ 和相频响应 $\tilde{\varphi}(\Omega)$ 如图 PS 9.38-4 所示。

③ 单位冲激响应 $h[n]$ 和单位阶跃响应 $s[n]$ 分别为

$$h[n] = [2(0.5)^n + (-2/3)^n]u[n] \quad s[n] = 4[1 - (0.5)^{n+1}]u[n] + 0.6[1 - (-2/3)^{n+1}]u[n]$$

④ 系统的差分方程为 $y[n] + (1/6)y[n-1] - (1/3)y[n-2] = 3x[n] + (2/3)x[n-1]$ 。

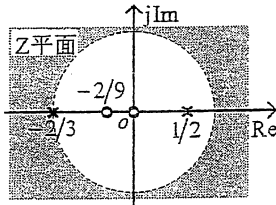


图 PS 9.38-3

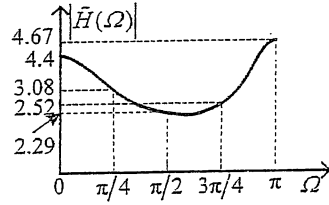
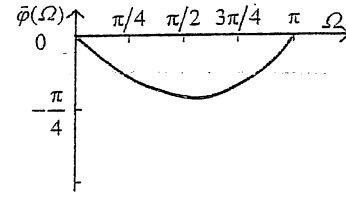
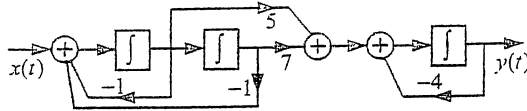


图 PS 9.38-4

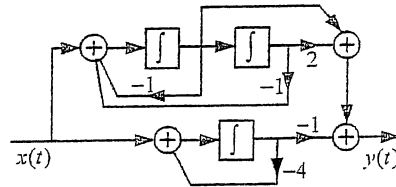


9.39 1) $H(s) = \frac{s+2}{s^2+s+1} \cdot \frac{1}{s+4}$, $S(s) = \frac{s+2}{s(s^2+s+1)} \cdot \frac{1}{s(s+4)} = \frac{1.75}{s} + \frac{0.25}{s+4} - \frac{2(s+0.5)}{(s+0.5)^2+0.73}$, 故有
 $s(t) = 1.75u(t) + 0.25e^{-4t}u(t) - 2e^{-0.5t} \cos(\sqrt{3}t/2)u(t)$

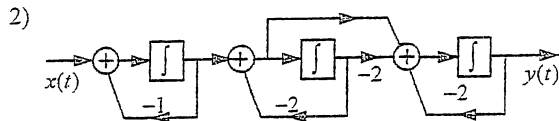
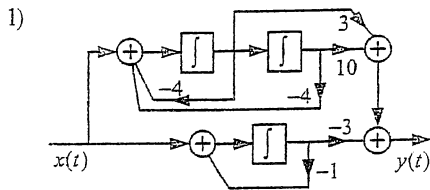
2) $H(s) = \frac{5s+7}{s^2+s+1} \cdot \frac{1}{s+4}$



3)



9.40 系统函数为 $H(s) = \frac{s-2}{(s+1)(s+2)^2} = \frac{1}{s+1} \cdot \frac{s-2}{s+2} \cdot \frac{1}{s+2} = \frac{3s+10}{s^2+4s+4} \cdot \frac{3}{s+1}$



9.41 1) 系统函数为 $H(z) = \frac{1+2z^{-1}-2z^{-3}-z^{-4}}{1-0.25z^{-1}-0.125z^{-2}} = (1+z^{-1})(1+z^{-1}) \cdot \frac{(1+z^{-1})}{(1-0.5z^{-1})(1+0.25z^{-1})}$

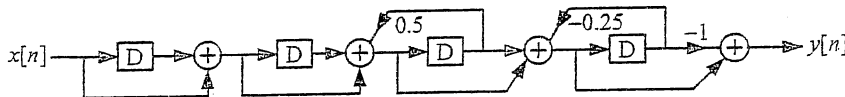


图 PS 9.41-1

系统的并联实现结构如图 PS 9.41-1 所示。

2) 系统函数又可以写成

$$H(z) = 64 + 8z^{-2} - \frac{18}{1-0.5z^{-1}} - \frac{45}{1+0.25z^{-1}}$$

系统的并联实现结构如图 PS 9.41-2 所示。系统的单位冲激响应为

$$h[n] = 64\delta[n] + 8\delta[n-2] - [18(0.5)^n + 45(-0.25)^n]u[n]$$

9.43

1) $H(s) = \frac{2s+3}{s^2+5s+6} = \frac{1}{s+2} \cdot \frac{2s+3}{s+3} = \frac{3}{s+3} - \frac{1}{s+2}$

用级联规划法编写的系统状态方程和输出方程及其 A, B, C, D 矩阵分别为

$$\begin{aligned} \dot{\lambda}_1 &= -2\lambda_1 + x(t) \\ \dot{\lambda}_2 &= \lambda_1 - 3\lambda_2 \\ y(t) &= 2\lambda_1 - 3\lambda_2 \end{aligned} \quad A = \begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 1 & -3 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad C = [2 \quad -3] \quad D = [0]$$

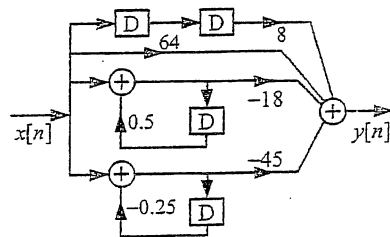


图 PS 9.41-2

用并联规划法编写的系统状态方程和输出方程及其 A, B, C, D 矩阵分别为

$$\begin{aligned} \dot{\lambda}_1 &= -2\lambda_1 + x(t) \\ \dot{\lambda}_2 &= -3\lambda_2 + x(t) \end{aligned} \quad y(t) = -\lambda_1 + 3\lambda_2 \quad A = \begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 0 & -3 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad C = [-1 \quad 3] \quad D = [0]$$

$$2) H(s) = \frac{2}{(s^2 + 4s + 3)(s + 2)} = \frac{1}{s + 1} \cdot \frac{2}{s + 2} \cdot \frac{1}{s + 3} = \frac{1}{s + 1} - \frac{2}{s + 2} + \frac{1}{s + 3}$$

用级联规划法编写的系统状态方程和输出方程及其 A, B, C, D 矩阵分别为

$$\begin{aligned} \dot{\lambda}_1 &= -\lambda_1 + x(t) \\ \dot{\lambda}_2 &= \lambda_1 - 2\lambda_2 \\ \dot{\lambda}_3 &= 2\lambda_2 - 3\lambda_3 \end{aligned} \quad y(t) = \lambda_3 \quad A = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 1 & -2 & 0 \\ 0 & 2 & -3 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad C = [0 \quad 0 \quad 1] \quad D = [0]$$

用并联规划法编写的系统状态方程和输出方程及其 A, B, C, D 矩阵分别为

$$\begin{aligned} \dot{\lambda}_1 &= -\lambda_1 + x(t) \\ \dot{\lambda}_2 &= -2\lambda_2 + x(t) \\ \dot{\lambda}_3 &= -3\lambda_3 + x(t) \end{aligned} \quad y(t) = \lambda_1 - 2\lambda_2 + \lambda_3 \quad A = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & -3 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad C = [1 \quad -2 \quad 1] \quad D = [0]$$

$$3) H(z) = \frac{1 - z^{-1} + (1/6)z^{-2}}{1 - (5/6)z^{-1} + (1/6)z^{-2}} = \frac{(1 - 0.788675z^{-1})(1 - 0.211325z^{-1})}{(1 - 0.5z^{-1})[1 + (1/3)z^{-1}]} = 1 - \frac{1}{1 - 0.5z^{-1}} + \frac{1}{1 + (1/3)z^{-1}}$$

用级联规划法编写的系统状态方程和输出方程及其 A, B, C, D 矩阵分别为

$$\begin{aligned} \lambda_1[n+1] &= 0.5\lambda_1[n] + x[n] \\ \lambda_2[n+1] &= -0.288675\lambda_1[n] + (1/3)\lambda_2[n] + x[n] \end{aligned} \quad y[n] = -0.288675\lambda_1[n] + 0.122008\lambda_2[n] + x[n]$$

$$A = \begin{bmatrix} 0.5 & 0 \\ -0.288675 & 1/3 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad C = [-0.288675 \quad 0.122008] \quad D = [1]$$

用并联规划法编写的系统状态方程和输出方程及其 A, B, C, D 矩阵分别为

$$\begin{aligned} \lambda_1[n+1] &= 0.5\lambda_1[n] + x[n] \\ \lambda_2[n+1] &= (1/3)\lambda_2[n] + x[n] \end{aligned} \quad y[n] = -0.5\lambda_1[n] + (1/3)\lambda_2[n] + x[n]$$

$$A = \begin{bmatrix} 0.5 & 0 \\ 0 & 1/3 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad C = [-0.5 \quad 1/3] \quad D = [1]$$

$$4) H(z) = \frac{2 - z^{-1}}{(1 - 1.5z^{-1} + 0.5z^{-2})(1 - z^{-1})} = \frac{2}{(1 - z^{-1})^2}$$

用级联规划法编写的系统状态方程和输出方程及其 A, B, C, D 矩阵分别为

$$\begin{aligned} \lambda_1[n+1] &= \lambda_1[n] + 2x[n] \\ \lambda_2[n+1] &= \lambda_1[n] + \lambda_2[n] + 2x[n] \end{aligned} \quad A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \end{bmatrix} \quad C = [1 \quad 1] \quad D = [2]$$

$$y[n] = \lambda_1[n] + \lambda_2[n] + 2x[n]$$

9.46 $\phi(t) = e^{At} = \begin{bmatrix} 2e^{2t} - e^{3t} & 2e^{2t} - 2e^{3t} \\ e^{3t} - e^{2t} & 2e^{3t} - e^{2t} \end{bmatrix}$. 由于 $B = 0$, 故 $\lambda(t) = e^{At}\lambda(0_-) = \begin{bmatrix} 8e^{2t} - 7e^{3t} \\ 7e^{3t} - 5e^{2t} \end{bmatrix}$

9.47 $A = \begin{bmatrix} -a & 1 \\ 0 & -a \end{bmatrix}$. 由于 $B = 0$, 故 $\lambda(t) = e^{At}\lambda(0_-) = \begin{bmatrix} 8e^{2t} - 7e^{3t} \\ 7e^{3t} - 5e^{2t} \end{bmatrix}$

9.48 1) $\phi(t) = e^{At} = \begin{bmatrix} 2e^{-t} - e^{-2t} & 2e^{-t} - 2e^{-2t} \\ e^{-2t} - e^{-t} & 2e^{-2t} - e^{-t} \end{bmatrix}$ 2) $A = \begin{bmatrix} 0 & 2 \\ -1 & -3 \end{bmatrix}$

9.53 1) ① 系统方框图如图 PS 9.53-1 所示。

② 系统函数为 $H(s) = \frac{3.5s+5}{s^2+3s+2}$

③ 系统的微分方程和非零起始条件分别为 $y''(t) + 3y'(t) + 2y(t) = 3.5x'(t) + 5x(t)$ 和 $y(0_-) = -1, y'(0_-) = 3$

2) ① 系统方框图如图 PS 9.53-2 所示。

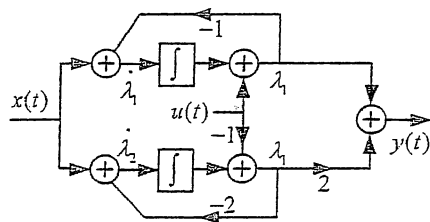


图 PS 9.53-1

② 系统函数矩阵为 $H(s) = \begin{bmatrix} \frac{3s+4}{s+1} & \frac{1}{s-1} \\ \frac{-1}{s+1} & 1 \end{bmatrix}$

③ 系统是一个用如下输入输出微分方程组和零起始条件表示的 2 输入 2 输出因果 LTI 系统

$$\begin{cases} y_1''(t) - y_1(t) = 3x_1'(t) + x_1'(t) - 4x_1(t) + x_2'(t) + x_2(t) \\ y_1'(t) - y_1(t) = x_2'(t) + x_2(t) - x_1(t) \end{cases}$$

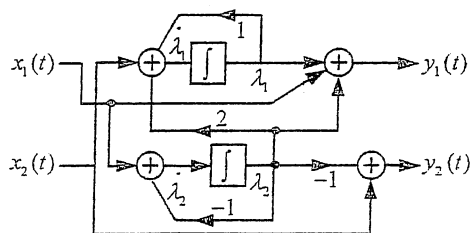


图 PS 9.53-2

9.54 1) 用第一种直接规划法编写, 获得的 A, B, C, D 矩阵分别为:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad C = [3 \quad 1] \quad D = [0]$$

对角化的一个变换矩阵为 $P^{-1} = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$ 和 $P = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -2 & -1 \end{bmatrix}$, 经变换获得的系统对角化模型为

$$\hat{A} = \begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \hat{B} = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} \quad \hat{C} = [-1 \quad -2] \quad \hat{D} = [0]$$

而用并联规划法编写, 获得的对角化模型为: $\hat{A} = \begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \hat{B} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \hat{C} = [2 \quad -1] \quad \hat{D} = [0]$ 。

可以由两者的模拟图来说明它与上面变换获得的对角化状态变量描述的因果 LTI 系统是等价的。

2) 用第一种直接规划法编写, 获得的 $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 6 & -1 & -4 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad C = [8 \quad 5 \quad 3] \quad D = [0]$ 。

对角化的一个变换矩阵为 $P^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & -3 \\ 1 & 4 & 9 \end{bmatrix}$ 和 $P = \begin{bmatrix} 1/2 & 5/12 & 1/12 \\ 1 & -2/3 & -1/3 \\ -1/2 & 1/4 & 1/4 \end{bmatrix}$, 经变换获得的对角化模型为

$$\hat{A} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & -3 \end{bmatrix} \quad \hat{B} = \begin{bmatrix} 1/12 \\ -1/3 \\ 1/4 \end{bmatrix} \quad \hat{C} = [16 \quad 10 \quad 20] \quad \hat{D} = [0]$$

而用并联规划法获得的对角化模型为: $\hat{A} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & -3 \end{bmatrix} \quad \hat{B} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \hat{C} = \begin{bmatrix} 4 & -10 & 5 \end{bmatrix} \quad \hat{D} = [0]$ 。

可以由两者的模拟图来说明它与上面变换获得的对角化状态变量描述的因果 LTI 系统是等价的。

3) 用第一种直接规划法编写, 获得的 $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1/2 & 1 & 1/2 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad C = [-1 \quad 5 \quad 3] \quad D = [2]$ 。

对角化的一个变换矩阵为 $P^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1/2 \end{bmatrix}$ 和 $P = \begin{bmatrix} 1/6 & -1/2 & 1/3 \\ -1/2 & 1/2 & 1 \\ 2/3 & 0 & -2/3 \end{bmatrix}$, 经变换获得的对角化模型为

$$\hat{A} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1/2 \end{bmatrix} \quad \hat{B} = \begin{bmatrix} 1/3 \\ 1 \\ -2/3 \end{bmatrix} \quad \hat{C} = [-3 \quad 7 \quad 9/2] \quad \hat{D} = [2]$$

而用并联规划法获得的对角化模型为: $\hat{A} = \begin{bmatrix} 1/2 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \hat{B} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \hat{C} = [-3 \quad 7 \quad -1] \quad \hat{D} = [2]$.

可以由两者的模拟图来说明它与上面变换获得的对角化状态变量描述的因果 LTI 系统是等价的。

- 9.56 1) S1 和 S2 级联和并联构成的系统均为 3 阶系统。它们的 3 个状态变量中, 若 $\lambda_1(t)$ 和 $\lambda_2(t)$ 与原 S1 的两个状态变量的序号相同, 而 $\lambda_3(t)$ 设定为原 S2 的状态变量, 则级联系统的 A, B, C, D 矩阵为

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -3 & -4 & 0 \\ 2 & 1 & -2 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad C = [0 \quad 0 \quad 1] \quad D = [0]$$

而并联系统则为: $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -3 & -4 & 0 \\ 0 & 0 & -2 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad C = [2 \quad 1 \quad 1] \quad D = [0]$.

- 2) S1、S2 的系统函数为 $H_1(s) = \frac{s+2}{s^2+4s+3}$ 、 $H_2(s) = \frac{1}{s+2}$, 它们级联的系统函数为 $H(s) = \frac{1}{s^2+4s+3}$,

故有零、极点相消现象。而 S1 和 S2 并联系统的系统函数为 $H(s) = \frac{2s+8s+7}{(s+1)(s+2)(s+3)}$, 没有零、极点相消现象。

- 9.57 1) S1 和 S2 的系统分别为 $H_1(s) = \frac{4s+8}{(s-1)(s+3)}$ 和 $H_2(s) = \frac{1}{s+2}$, 其中 S1 不稳定。

2) S1 和 S2 构成的反馈系统之系统函数为 $H(s) = 4(s+2)/(s+1)^2$, 反馈系统稳定。

- 3) 若在反馈系统的 3 个状态变量中, 若 $\lambda_1(t)$ 和 $\lambda_2(t)$ 与原 S1 的两个状态变量的序号相同, 而 $\lambda_3(t)$ 设定为原 S2 的状态变量, 则其 A, B, C, D 矩阵为

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 3 & -2 & -1 \\ 8 & 4 & -2 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad C = [8 \quad 4 \quad 0] \quad D = [0]$$

- 4) 无论用状态方程求解, 还是用系统函数求解, 其结果都为 $y(t) = (1+2t)e^{-t}u(t) - e^{-3t}u(t)$ 。

- 9.58 系统的特征方程为 $(s+1)(s+2)=0$, 满足给定的频率响应要求的系统函数为 $H(s) = \frac{2(s^2+1)}{(s+1)(s+2)}$ 。由

此求得系统状态变量描述中的 3 个待定常数为: $c_1 = -2$, $c_2 = -6$ 和 $d = 2$ 。