

第 1 章 基本概念

第 1 章 习题

1.1 解: (1) $x(t)$ 为周期信号, 周期为 $T = 10$ 。

(2) $x(t)$ 为非周期信号。

(3) $x[n]$ 为非周期信号。

(4) $x[n]$ 为周期信号, 周期为 $N = 2$ 。

(5) $x(t)$ 为非周期信号。

(6) $x[n]$ 为周期信号, 周期为 $N = 2$ 。

1.2 解: (1) $x(t)$ 为功率信号。

(2) $x(t)$ 既不是能量信号也不是功率信号。

(3) $x[n]$ 为能量信号。

(4) $x(t)$ 为能量信号。

(5) $x(t)$ 为能量信号。

(6) $x[n]$ 为能量信号。

1.3 略。

1.4 略。

1.5 (原题有误) 一个离散时间系统的激励与响应的关系为 $y[n] = \sum_{i=0}^M b_i x[n-i]$ 。

用算符 S^{-k} 代表将信号 $x[n]$ 平移 k 个单位时间得到输出信号 $x[n-k]$ 的系统, 即 $x[n-k] = S^{-k}(x[n])$ 。写出联系 $y[n]$ 与 $x[n]$ 的系统算符 T 及其可逆系统的算符 T^{inv} 。

解: 提示: 可逆系统为 $y[n] - \sum_{i=1}^M b_i x[n-i] = b_0 x[n]$ 。

1.6 解: (1) 因果、无记忆、非线性、时不变、BIBO 稳定系统。

(2) 因果、无记忆、线性、时变和 BIBO 稳定系统。

(3) 因果、无记忆、线性、时变和非稳定系统。

(4) 因果、记忆、线性、时不变和 BIBO 稳定系统。

(5) 因果、无记忆、线性、时变和 BIBO 稳定系统。

(6) 因果、记忆、时不变、非稳定系统。

(7) 因果、无记忆、线性、时不变和 BIBO 稳定系统。

(8) 非因果系统、无记忆、线性、时不变、BIBO 稳定系统。

1.7 证明 略。

1.8 解: (1) $x[n]$ 的响应为 $\{1, 1, -1, 2, n = 0, 1, 2, 3\}$ 。

(2) $x[n]$ 的响应为 $\{1, 1, -3, 1, 3, -5, 2, n = -3 \sim 3\}$ 。

(3) $x[n]$ 的响应为 $\{1, 0, -1, 4, -3, 2, n = -2 \sim 3\}$ 。

1.9 证明 提示: 根据微积分的极限定义证明。

1.10 解: (1) $x(t)$ 的响应为 $4(1 - e^{-t})u(t) - 6(1 - e^{-t+1})u(t - 1)$ 。

(2) $x(t)$ 的响应为 $[2(t + e^{-t}) - 2]u(t)$ 。

(3) $x(t)$ 的响应为 $2e^{-t}u(t)$ 。

1.11 证明 $x(t)$ 满足 $x(t + T) = x(t)$, 所以 $y(t + T) = T(x(t + T)) = T(x(t)) = y(t)$ 。

1.12 证明 因为 $k_1x_1(t) + k_2x_2(t)$ 的响应为 $[k_1x_1(t) + k_2x_2(t)]\cos(\omega_0t) = k_1x_1(t)\cos(\omega_0t) + k_2x_2(t)\cos(\omega_0t) = k_1y_1(t) + k_2y_2(t)$, 所以调幅系统是线性系统。

又因为 $x(t - t_0)$ 的响应为 $x(t - t_0)\cos(\omega_0t) \neq y(t - t_0)$, 所以调幅系统为时变系统。

1.13 证明 $ax(t)$ 的响应为

$$y_a(t) = \cos\left(\omega_c t + ka \int_{-\infty}^t x(\tau) d\tau\right) \neq ay(t)$$

所以调频系统是非线性的。

$\delta(t)$ 的响应为

$$y_1(t) = \cos\left(\omega_c t + k \int_{-\infty}^t \delta(\tau) d\tau\right) = \cos k, t = 0^+$$

$\delta(t - t_0)$ 的响应为

$$y_2(t) = \cos\left(\omega_c t + k \int_{-\infty}^t \delta(\tau - t_0) d\tau\right) = \cos(\omega_c t_0 + k), t = t_0^+$$

由于 $y_1(t) \neq y_2(t)$, 所以调频系统为时变系统。

1.14 解: $\delta[n]$ 的响应为 $\frac{1}{N}(u[n] - u[n - N])$ 。

$u[n]$ 的响应为 $\{\frac{1}{N}, \frac{2}{N}, \dots, \frac{N-1}{N}, 1, 1, \dots, n \geq 0\}$ 。

1.15 解: $\delta(t)$ 的响应为 $\begin{cases} \frac{1}{T}, & 0 < t < T \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$ 。

$$u(t) \text{ 的响应为 } \begin{cases} \frac{t}{T}, & 0 < t < T \\ 1, & t > T \end{cases}。$$

1.16* 解: (1) 错误 (2) 错误 (3) 正确 (4) 错误。

1.17* 解: 选 (2)。

1.18* 解: (1) 0。

(2) 若 $t_0 < 0$, 则 $\int_{0^-}^{\infty} e^{j\omega t} \delta(t - t_0) dt = 0$;

若 $t_0 \geq 0$, 则 $\int_{0^-}^{\infty} e^{j\omega t} \delta(t - t_0) dt = e^{j\omega t_0}$ 。

(3) 0。(4) 1。(5) $\sqrt{3}u(t - \pi/3)$ 。

1.19* 解: $\frac{d^2}{dt^2}x(t) = 2u(t) + 2\delta'(t)$ (图略)。

1.20* 解: $x(t)$ 是周期为 4 的周期信号, 其一个周期内的波形为:

$$x_T(t) = \begin{cases} 1, & 0 < t \leq 1, \\ -1, & 1 < t \leq 3, \\ 1, & 3 < t \leq 4. \end{cases}$$

1.21* 解:

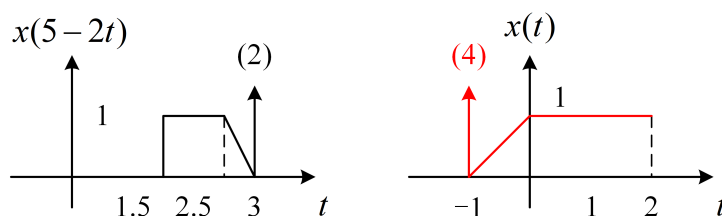


图1.41 习题1.21

1.22* 解:

1.23* 解: 线性、时变系统。

1.24* 解:

1.25* 解: (1) 0; (2) 2。

1.26* 解: 线性、时变、因果、BIBO 稳定系统。

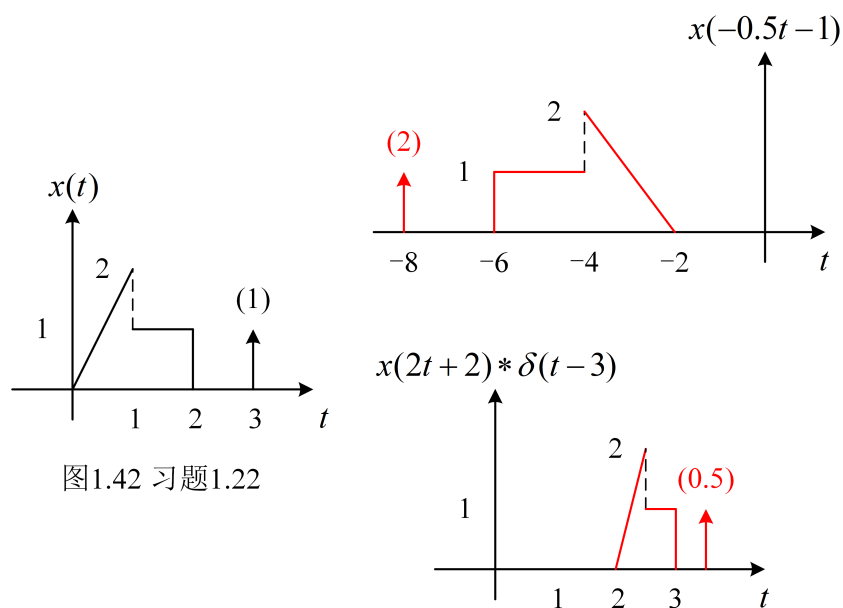


图1.42 习题1.22

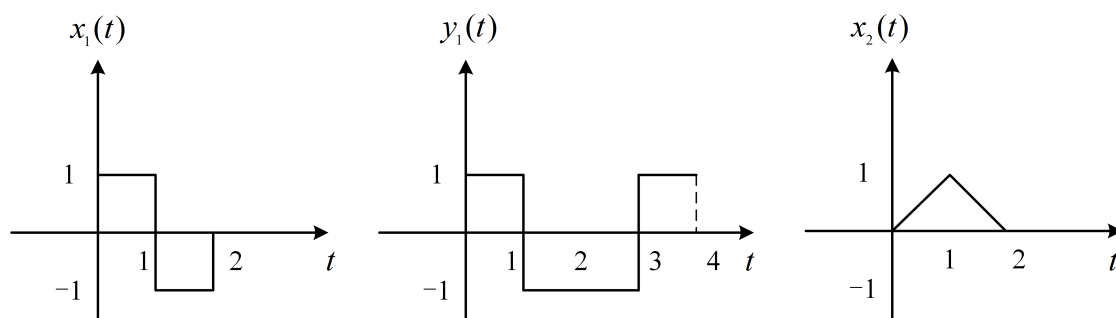
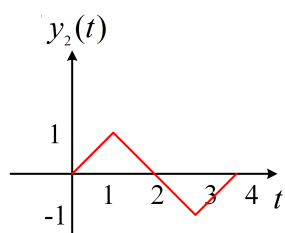


图1.43 习题1.24



第 2 章 连续时间系统时域分析

第 2 章 习题

2.1 解: (1) $H(p) = \frac{2p+5}{p^2+5p+4}, y_{zi}(t) = (3e^{-t} - 2e^{-4t})u(t)$

(2) $H(p) = \frac{3p+2}{p^2+4p+4}, y_{zi}(t) = (-2-t)e^{-2t}u(t)$

(3) $H(p) = \frac{4p+3}{p^2+2p+5}, y_{zi}(t) = (\cos 2t - 2\sin 2t)e^{-t}u(t)$

(4)

$$H(p) = \frac{p}{Lp^2 + Rp + 1/C}$$

当存在实根时, 零输入响应为实指数信号, 此时需满足 $R^2C \geq 4L$ 。

当存在共轭纯虚根时, 零输入响应为正弦震荡, 此时需满足 $R = 0$ 。

当存在共轭复根时, 零输入响应为指数衰减正弦震荡, 此时需满足 $R^2C < 4L, R \neq 0$ 。

2.2 解: 系统方程为

$$y''(t) + 5y'(t) + 6y(t) = x'(t) + 2x(t)$$

零输入响应为

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

2.3 解: (1) $h(t) = (2+t)e^{-2t}u(t)$

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

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

2.4 解: $h(t) = \frac{R}{L}e^{-\frac{R}{L}t}u(t)$

2.5 解: $h(t) = (-8.4e^{-t} + 50.4e^{-6t})u(t)$

2.6 解: $y(t) = 2G_2(t+2) + G_2(t-2)$

2.7 解: (1)

$$g(t) = \begin{cases} e^t, & t < 0 \\ 2 - e^{-t}, & t > 0 \end{cases}$$

$$(2) \quad g(t) = tu(t).$$

2.8 解: (1)

$$[u(t) - u(t-2)] * u(t) = \int_{-\infty}^t [u(\tau) - u(\tau-2)] d\tau = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ t, & 0 \leq t \leq 2 \\ 2, & t > 2 \end{cases}$$

(2)

$$[u(t) - 2u(t-1) + u(t-2)] * [u(t) - u(t-1)] = \begin{cases} t, & 0 < t < 1 \\ -2t + 3, & 1 \leq t \leq 2 \\ t - 3, & 2 < t < 3 \end{cases}$$

(3a)

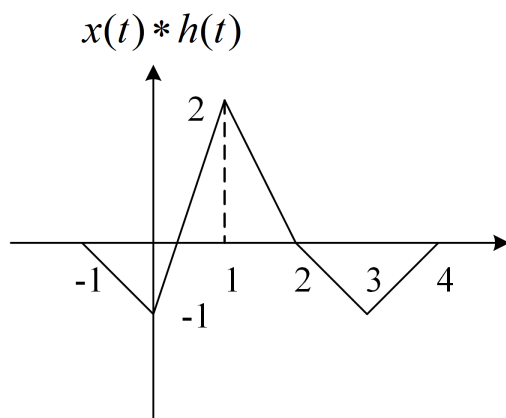
$$x(t) * h(t) = \begin{cases} 0, & t < -1, t \geq 5 \\ t + 1, & -1 \leq t < 3 \\ 10 - 2t, & 3 \leq t < 5 \end{cases}$$

(3b)

$$x(t) * h(t) = -(t+1)u(t+1) + 4tu(t)$$

$$-5(t-1)u(t-1) + (t-2)u(t-2) + 2(t-3)u(t-3) - (t-4)u(t-4)$$

图形如下:



2.9 解: (1) $h(t) = (t+3)u(t)$

$$(2) \quad y(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ \frac{1}{2}t^2 + 3t, & 0 \leq t \leq 2 \\ 2t + 4, & t > 2 \end{cases}$$

2.10 解: $y(t) = \begin{cases} \cos 2 - \cos t, & 2 \leq t < 3 \\ \cos(t-1) - \cos t, & t \geq 3 \end{cases}$

2.11 证明 (1)

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

(2)

$$r_{yx}(-t) = \int_{-\infty}^{\infty} y(\tau)x(\tau+t)d\tau = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau')y(\tau'-t)d\tau' = r_{xy}(t)$$

(3) 当 $t < 0$ 时, $r_{xy}(t) = \frac{1}{4}e^{3t}$; 当 $t > 0$ 时, $r_{xy}(t) = \frac{1}{4}e^{-t}$ 。

(4) 当 $t < 0$ 时, $r_{xx}(t) = \frac{1}{2}e^t$; 当 $t > 0$ 时, $r_{xx}(t) = \frac{1}{2}e^{-t}$ 。

2.12 解: $h(t) = (\delta(t) - h_1(t)) * h_2(t) * h_3(t) + h_1(t)$

2.13 解: (1) 记忆、非因果和非稳定系统。

(2) 记忆、因果和非稳定系统。

(3) 记忆、因果和稳定系统。

2.14 解: 略。

2.15 解: (1) $y''(t) + 3y'(t) - 2y(t) = 2x'(t)$; (2) $y''(t) + 2y'(t) - 2y(t) = x(t)$ 。

2.16 解: (1) $y(t) = \frac{1}{5}(1 + 4e^{-10t})u(t)$

(2) $y(t) = \left(-\frac{4}{5}e^{-2t} + \frac{9}{5}\cos t - \frac{3}{5}\sin t\right)u(t)$

2.17 解: (1) $h(t) = (-2e^{-t} + 3e^{-2t})u(t)$

(2) $y_{zi}(t) = (2e^{-t} - e^{-2t})u(t)$; $y_{zs}(t) = [(3 - 2t)e^{-t} - 3e^{-2t}]u(t)$; $y(t) = y_{zi}(t) + y_{zs}(t) = [(5 - 2t)e^{-t} - 4e^{-2t}]u(t)$ 。

(3) 稳定。

(4) 略。

2.18 解: (1) $h(t) = \left[-\frac{5}{3}e^{-t}u(t) + \frac{20}{3}e^{-4t}\right]u(t)$; $g(t) = \left[-\frac{1}{3} + \frac{5}{3}e^{-t} - \frac{4}{3}e^{-4t}\right]u(t)$ 。

(2) 略。

2.19* 解: $y_3(t) = -15e^{-t}u(t) + [-20e^{-(t-1)} + 5\cos\pi(t-1)]u(t-1)$

2.20* 解: $y(t) = 2\delta(t)$

2.21* 解: $(2 - e^{-t})u(t)$

2.22* 解: $y'(t) + 3y(t) = x'(t)$

2.23* 解: (1) $h(t) = u(t) + u(t-1) + u(t-2) - u(t-3) - u(t-4) - u(t-5)$

$$(2) y_{zs}(t) = \begin{cases} t, & 0 < t < 3 \\ 6-t, & 3 \leq t < 6 \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

2.24* 解: (1) $h_2(t) = u(t-1)$

$$(2) h(t) = u(t) - u(t-1) + u(t) - u(t-2) = 2u(t) - [u(t-1) + u(t-2)]$$

$$(3) g(t) = 2t[u(t) - u(t-1)] + (t+1)[u(t-1) - u(t-2)] + 3u(t-2)。$$

2.25* 解: (1) $h(t) = \frac{1}{3}e^{-t}u(t)$

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

2.26* (原题有误) 二阶线性时不变系统 $y''(t) + a_1y'(t) + a_2y(t) = b_0x'(t) + b_1x(t)$ 。激励为 $e^{-2t}u(t)$ 的全响应为 $y_1(t) = (-e^{-t} + e^{-2t} - e^{-3t})u(t)$; 激励为 $\delta(t) - 2e^{-2t}u(t)$ 的全响应为 $y_2(t) = (3e^{-t} - 2e^{-2t} - 5e^{-3t})u(t)$ 。假设系统的初始条件不变。计算:

(1) a_1 、 a_2 、 b_0 和 b_1 ;

(2) 系统的零输入响应和单位冲激响应。

解: (1) $a_1 = 3$, $a_2 = 4$ 。

$$(2) h(t) = (-2e^{-t} - e^{-3t})u(t); y_{zi}(t) = (e^{-t} - 2e^{-3t})u(t)。$$

$$(3) b_0 = -3, b_1 = -7。$$

2.27* 解: $h(t) = \frac{1}{3}[1 - e^{-3(t-3)}]u(t-3) + \frac{1}{2}[1 - e^{-2(t-1)}]u(t-1) + e^{-3t}u(t-2) + e^{-2t}u(t)。$

2.28* 解: $y_{zi}(t) = 5e^{-2t}u(t)$, $y_{zs}(t) = 2(e^{-t} - e^{-2t})u(t)。$

2.29* 解: $y(4) = \int_2^4 1 \times (-1) d\tau = -2$

2.30* (原题有误) 已知 $x_1(t) = u(t-2) - u(t-4)$, $x_2(t) = 0.5(t+2)[u(t+2) - u(t-2)]$ 。设 $y(t) = x_1(t) * x_2(t)$, 计算 $y(4)$ 。

解:

$$y(4) = \int_0^2 1 \times 0.5(\tau + 2) d\tau = 3$$

2.31* 解: (1) $h(t) = e^{-(t-2)}u(t-2)$

(2) 当 $t-2 < -1$ 时, $y(t) = 0$ 。

当 $-1 \leq t-2 < 2$, 即 $1 \leq t < 4$ 时, $y(t) = 1 - e^{-(t-1)}$ 。

当 $-2+t \geq 2$, 即 $t \geq 4$ 时, $y(t) = e^{-(t-4)} - e^{-(t-1)}$ 。

2.32* 解: (1) $y_{zi}(t) = e^{-t}u(t)$

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

2.33* 解: (1) $h(t) = e^{2(t-2)}[1 - u(t-3)] = e^{2(t-2)}u(3-t)$

(2) 非因果、稳定系统。

2.34* 解: (1) $g(t) = (1 - e^{-t})u(t)$

(2) $y_1(t) = e^t u(-t) + u(t)$; $y_2(t) = (1 - e^{-t})u(t)$ 。

2.35* 解: (1) $h(t) = \cos t u(t)$

(2) $y(t) = \sin t [u(t) - u(t - 6\pi)]$

2.36* 解: (1) $g(t) = (e^{-t} - e^{-4t})u(t)$

(2)

$$y_{zs}(t) = (e^{-t} - e^{-4t})u(t) - 2[e^{-(t-2)} - e^{-4(t-2)}]u(t-2) + [7e^{-4(t-4)} - e^{-(t-4)}]u(t-4)$$

2.37* 系统 $y(t) = \int_{-\infty}^t x(\tau) d\tau$ 的单位冲激响应为 $u(t)$ 。

2.38* 已知一连续时间 LTI 系统的单位冲激响应为 $h(t)$, 该系统为有界输入有界输出 (BIBO) 稳定系统的充要条件是: $\int_{-\infty}^{\infty} |h(t)| dt = S < \infty$ 。

2.39* 解:

若 $0 < t \leq 1$, $x(t) * h(t) = t$;

若 $1 < t \leq 2$, $x(t) * h(t) = 3 - 2t$;

若 $2 < t \leq 3$, $x(t) * h(t) = t - 3$ 。

第 3 章 离散时间系统时域分析

第 3 章 习题

3.1 解: $y[0] = 1.5, y[1] = 2.75, y[2] = 5.375, y[3] = 10.6875。$

3.2 解: (1)

$$H(S) = \frac{S^2 + 1}{S^2 - 0.25}, y_{zi}[n] = 0.25(0.5)^n - 0.25(-0.5)^n, n \geq -2$$

(2)

$$H(S) = \frac{S}{S^2 + 3S - 4}, y_{zi}[n] = 2 + 16(-4)^n, n \geq -2$$

(3)

$$H(S) = \frac{4S + 1}{S^2 + 2S + 1}, y_{zi}[n] = n(-1)^n, n \geq -2$$

(4)

$$H(S) = \frac{S^2 + 2S}{S^2 - 5S + 6}, y_{zi}[n] = 5 \times 2^n - 4 \times 3^n, n \geq 0$$

(5)

$$H(S) = \frac{S^2 + 2S}{S^2 - 5S + 6}, y_{zi}[n] = -28 \times 2^n + 45 \times 3^n, n \geq 0$$

3.3 解: (1) $y[n + 2] + 5y[n + 1] + 6y[n] = x[n + 1] + 2x[n]$

(2) $y_{zi}[n] = 3(-2)^n - 2(-3)^n, n \geq 0$

3.4 解: (1) $h[n] = \delta[n] - (-1)^n u[n]$

(2) $h[n] = \frac{1}{4}\delta[n] - \frac{1}{4}(-2)^n u[n] + \frac{3}{2}n(-2)^{n-1} u[n]$

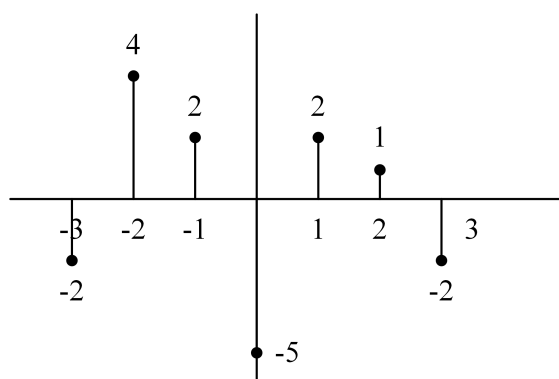
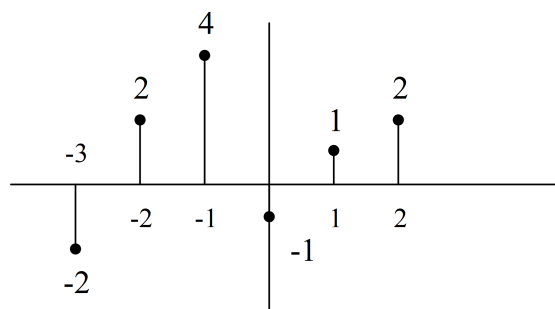
(3) $h[n] = -\frac{1}{2}\delta[n] + \frac{2}{7}(-1)^n u[n] + \frac{17}{14} \times 6^n u[n]$

3.5 解: $x[n] * h[n] = \{-2, 2, 4, -1, 1, 2, n = -3 \sim 2\}$

3.6 解: $x[n] * h[n] = \{-2, 4, 2, -5, 2, 1, -2, n = -3 \sim 3\}$

3.7 解: (1) $g[n] = \left(\frac{3}{4} + \frac{1}{4}\left(-\frac{1}{3}\right)^n\right) u[n]$

(2) $g[n] = u[n] - u[n - 3] = \{1, 1, 1, n = 0, 1, 2\}$



$$(3) \quad g[n] = \begin{cases} 0, & n < -1 \\ 0, & n = -1 \\ 1, & n = 0 \\ 1, & n \geq 1 \end{cases} = u[n]$$

3.8 解: (1) $y[n] = \frac{1}{2}(1 - 0.5^{n-1})u[n-2]$

(2) $x[n] * h[n] = \{-4, -7, -9, -10, -10, -5, 0, 5, 10, 10, 9, 7, 4, n = -8 \sim 4\}$

(3) $y[n] = \left[\frac{4}{3} - \frac{1}{3} \left(\frac{1}{4} \right)^{n+2} \right] u[n+2]$

(4) 若 $n-1 \leq 0$, 即 $n \leq 1$ 时, $y[n] = \frac{2}{3} \cdot 2^n u[-n+1]$ 。

若 $n-1 > 0$, 即 $n > 1$ 时, $y[n] = -\frac{1}{3} \cdot (-1)^n u[n-1]$ 。

(5) $x[n] * h[n] = \{-1, -1, 2, 4, 4, 2, -3, -5, -2, n = -3 \sim 5\}$

3.9 解: (1) 记忆、非因果、稳定。

(2) 记忆、因果、稳定。

(3) 记忆、非因果、稳定。

(4) 记忆、非因果、非稳定。

3.10 解:

$$h^{inv}[n] = \begin{cases} 1, & n = 0 \\ (-a)^p, & n = pk \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

3.11 解: 略。

3.12 解: (1) $y[n+2] - 2y[n+1] = x[n]$

(2) $y[n+2] + 6y[n] = 2x[n+1] + x[n]$

3.13 解:

$$y_{zs}[n] = (n+1)(-2)^n u[n]$$

$$y_{zi}[n] = [8(-1)^n - 8(-2)^n]u[n]$$

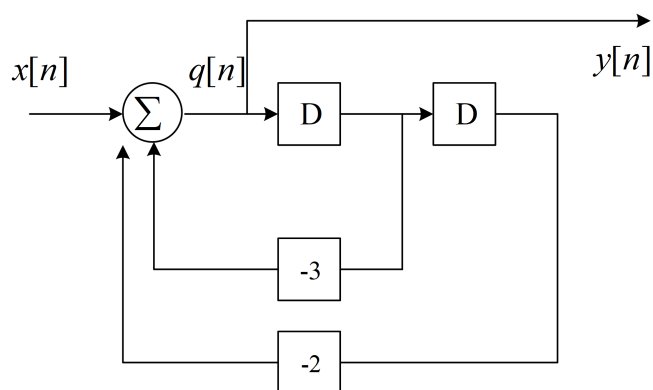
$$y[n] = [8(-1)^n + (n-7)(-2)^n]u[n]$$

3.14 解: (1) $h[n] = [-(-1)^n + 2(-2)^n]u[n]$

(2) $y_{zi}[n] = [(-1)^n + (-2)^{n+1}]u[n]$, $y_{zs}[n] = \left[-\frac{1}{3} + \frac{1}{2}(-1)^n - \frac{2}{3}(-2)^n\right]u[n]$

(3) 不稳定。

(4)



3.15 解: $y[n+2] - 5y[n+1] + 6y[n] = x[n]$

3.16 解: $a = 0.25, b = 1$ 。

3.17* 解: $h[n] = \delta[n] - 2\delta[n-2] + \delta[n-4]$

3.18* 解: $y[n] = [1 + 0.5(0.5)^n]u[n]$

3.19* 解: (1) $y_{zs}[n] = [4.5(-3)^n - 4(-2)^n + 0.5(-1)^n]u[n]$

(2) $y[n+2] + 3y[n+1] + 2y[n] = x[n+2]$

(3) 图略。

3.20* 解: $\{1, 1, 1, 1 | n = -1 \sim 2\} * \{1, 2, 3 | n = 0, 1, 2\} = \{1, 3, 6, 6, 5, 3 | n = -1 \sim 4\}$

3.21* 某 LTI 离散时间系统的单位阶跃响应为 $\left(\frac{1}{2}\right)^n u[n]$, 则该系统的单位脉冲响应

应为 $\frac{\left(\frac{1}{2}\right)^n u[n] - \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1} u[n-1]}{}$ 。

3.22* 解: $y[n] = 2\left(\frac{1}{2}\right)^{n-1} u[n-1] + 2\left[1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{n+1}\right] u[n]$

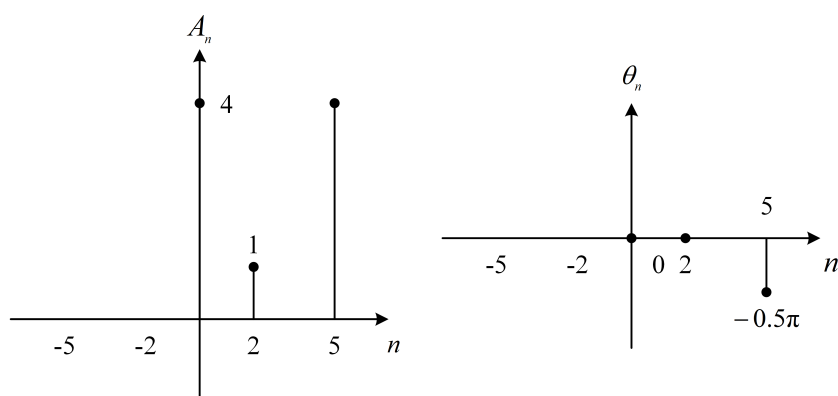
3.23* 解: $y[n] = \{1, 3, 6, 6, 5, 3 | n = 0 \sim 5\}$

第 4 章 连续时间傅里叶级数与傅里叶变换

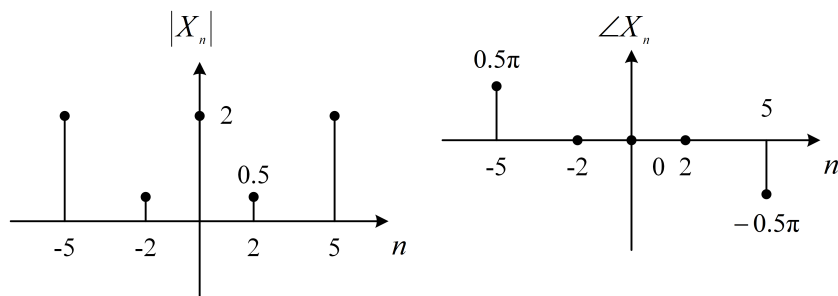
第 4 章 习题

4.1 解: $x(t) = 4 \cos\left(\frac{\pi}{4}t\right) + 8 \cos\left(\frac{3\pi}{4}t + \frac{\pi}{2}\right)$

4.2 解: 基波频率为 $\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{3}$ 。



(a) 单边谱



(b) 双边谱

4.3 解: $x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \frac{3}{j(2k+1)\pi} e^{j(2k+1)\pi t}$

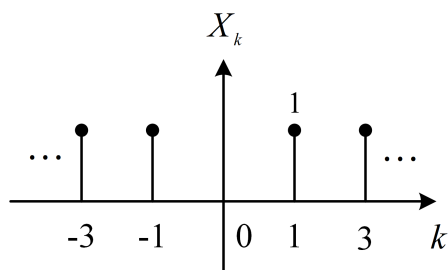
4.4 解:

$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} e^{j(2k+1)\pi t} = \sum_{k=0}^{\infty} 2 \cos(2k+1)\pi t$$

4.5 解: (1) $x(t) = 1 + 2 \sum_{k=1}^{\infty} \left(\frac{1}{3}\right)^k \cos kt$

(2) $x(t) = \cos(4\pi t - 0.5\pi) + \cos(12\pi t)$

(3) $x(t) = 1 + 2 \cos(2\pi t - 0.25\pi) + 2 \cos(4\pi t + 0.25\pi) + 2 \cos(6\pi t)$



$$(4) \quad x(t) = 4 \cos(4\pi t + 4\pi) + 2 \cos(3\pi t + 3\pi) = \cos(4\pi t) - 2 \cos(3\pi t)$$

4.6 解: (1) $e^{-j2k} k \times 2^k$

(2) $k \times 2^k$

(3) $2e^{-j2k} k^2 \times 2^{2k}$

(4) $2jk^2 2^k$

(5) $(5k + 3) \cdot 2^{k-2}$

4.7 解: (1) $\frac{e^{-3(2+j\omega)}}{2+j\omega}$

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

(3) $\frac{4j \sin^2 \omega}{\omega}$

(4) $\frac{2\pi}{(1+j\omega)^2 + 4\pi^2}$

(5) $j\omega G_2(\omega)$

(6) $\pi G_{4\pi}(\omega) e^{-j2\omega}$

(7) $\frac{1}{(1+j\omega)^2}$

(8) $\frac{1+j\omega}{(1+j\omega)^2 + 16}$

(9) $2\pi e^{a\omega} u(-\omega)$

(10) $\begin{cases} 4(\omega + 4), & -4\omega \leq 0 \\ 4(-\omega + 4), & 0 < \omega \leq 4 \end{cases}$

4.8 解: (1) $t \cdot \text{sgn}(t)$

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

(3) $\frac{1}{2}u(t) - \frac{1}{2}e^{-2t}u(t) - \frac{3}{4}$

(4) $x(t) = \begin{cases} t+2, & -2 < t \leq 0 \\ -t+2, & 0 < t \leq 2 \end{cases}$

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

(6) $x(t) = \frac{1}{\pi}[\text{Sa}(2(t-\pi)) + \text{Sa}(2(t+\pi))]$

4.9 解: (1) $\frac{1}{2\pi^3}$

(2) $\frac{\pi}{2}$

(3) π

(4) $\frac{\pi^2}{8}$

4.10 解: (1)

$$x(t) = \frac{1}{j} \left[\frac{1}{4} G_4(t) e^{j\frac{\pi}{4}t} - \frac{1}{4} G_4(t) e^{-j\frac{\pi}{4}t} \right] = \frac{1}{2} G_4(t) \sin\left(\frac{\pi}{4}t\right)$$

(2)

$$Y(j\omega) = \omega_0 \sum_{k=-\infty}^{\infty} X(jk\omega_0) \delta(\omega - k\omega_0)$$

4.11 解: $x(t) = 2\text{Sa}(\pi t), y(t) = 4\text{Sa}(\pi t) \cos 3t$

4.12 解: (1) $x(0) = \frac{1}{\pi}$

(2) $x(0) = \frac{8}{\pi^2}$

(3) $x(0) = 0$

4.13 解:

$$X(j\omega) = \omega_0 \tau \sum_{k=-\infty}^{\infty} \text{Sa}\left(\frac{k\omega_0\tau}{2}\right) \delta(\omega - k\omega_0)$$

4.14 解:

$$x(t) = 4 \cos \pi t - \sin 3\pi t$$

4.15 解: (1) $x(t) = (2e^{-2t} + 3e^{-3t})u(t)$

(2) $x(t) = 2\delta(t) + (e^{-t} - e^{-5t})u(t)$

(3) $x(t) = (e^{-t} + 2te^{-t})u(t)$

(4) $x(t) = \delta(t) + (-e^{-2t} + 2e^{-t} + te^{-t})u(t)$

4.16* (1) (原题有误) $\int_{-\infty}^{\infty} (\cos \omega_0 t) e^{-j\omega t} dt = \underline{\pi[\delta(\omega + \omega_0) + \delta(\omega - \omega_0)]}$ 。

(2) $\int_{-\infty}^{\infty} e^{j\omega t} d\omega = \underline{2\pi\delta(t)}$ 。

4.17* 信号 $x(t) = e^{j2t} \delta'(t)$ 的傅里叶变换为 B。

A. -2 B. $j(\omega - 2)$ C. $j(\omega + 2)$ D. $j\omega + 2$ E. $j\omega - 2$

4.18* $X(j\omega) = 2 \cos 3\omega$ 的傅里叶反变换为 $\delta(t + 3) + \delta(t - 3)$ 。

4.19* 连续信号 $x(t) = \frac{\sin 100t}{50t} \cos 1000t$, 该信号的占有频带为 200rad/s。

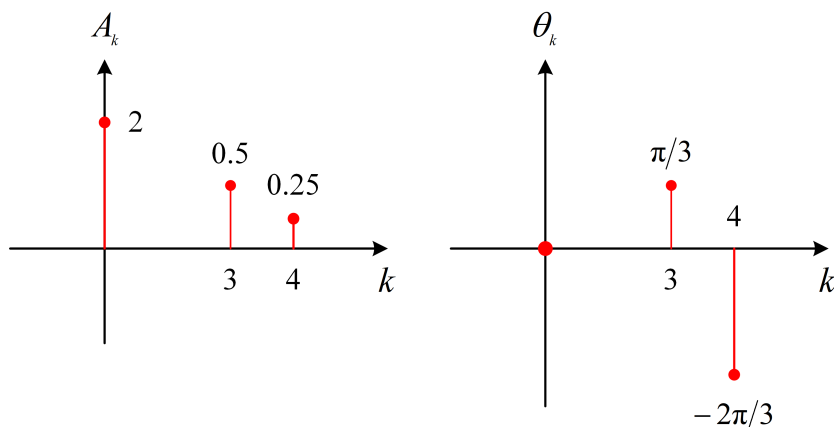
4.20* (原题有误) 已知 $x(t) = \int_{-2}^t e^{-2\tau} e^{-5(t-\tau)} d\tau, t > -2$ 。求 $X(j\omega)$ 。

解:

$$X(j\omega) = \frac{e^{j2\omega+4}}{(j\omega)^2 + 7j\omega + 10}$$

4.21* 解: (1) 基波周期为 $T = 24$, 角频率 $\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{12} \text{rad/s}$ 。

(2) 单边谱如下图所示:



4.22* 解: $x(t) = \frac{1}{\pi} [1 + 2 \cos 2t] \cos 300t$

4.23* 解: $\frac{1}{2\pi} X(j\omega) * \frac{1}{2} [X(j(\omega - \omega_0)) + X(j(\omega + \omega_0))]$

4.24* 解: $-\frac{1}{j\pi t}$

4.25* 解:

$$X(j\omega) = \pi \sum_{k=-\infty}^{\infty} \text{Sa}\left(\frac{k\pi}{2}\right) e^{-j\frac{k\pi}{2}} \delta(\omega - k\pi)$$

4.26* 解: $x(t) = \delta(t) - \frac{1}{j\pi t}$

4.27* 解: $B_1 = 1000 + \frac{500}{2\pi} \text{Hz}; B_2 = \frac{500}{2\pi} \text{Hz}$ 。

4.28* 解: $\frac{1}{j2\omega} X(j\frac{\omega}{2}) e^{-j\omega} + \frac{\pi}{2} X(0) \delta(\omega)$

4.29* 信号 $x(t) = 2t \frac{d}{dt} \left[\sin\left(2t - \frac{\pi}{6}\right) \delta(t) \right]$ 的傅里叶变换为 1。

4.30* (原题有误) 给定实函数 $g(t)$, 且 $e^{jg(t)}$ 的傅里叶变换为 $G(j\omega)$ 。证明:

(1) $\cos(g(t))$ 的傅里叶变换为 $\frac{1}{2} [G(j\omega) + G^*(-j\omega)]$;

(2) $\sin(g(t))$ 的傅里叶变换为 $\frac{1}{2j} [G(j\omega) - G^*(-j\omega)]$ 。

证明

$$e^{jg(t)} = \cos[g(t)] + j \sin[g(t)]$$

$$e^{-jg(t)} = \cos[g(t)] - j \sin[g(t)]$$

所以,

$$\cos[g(t)] = \frac{1}{2}[e^{jg(t)} + e^{-jg(t)}]$$

$$\sin[g(t)] = \frac{1}{2j}[e^{jg(t)} - e^{-jg(t)}]$$

根据傅里叶变换的奇偶虚实性质, 有

$$e^{-jg(t)} \leftrightarrow G^*(-j\omega)$$

所以,

$$\cos[g(t)] \leftrightarrow \frac{1}{2}[G(j\omega) + G^*(-j\omega)]$$

$$\sin[g(t)] \leftrightarrow \frac{1}{2j}[G(j\omega) - G^*(-j\omega)]$$

4.31* 解:

证明

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

因为 $g(t) = x(3t) * h(3t)$, 所以

$$G(j\omega) = \frac{1}{3}X(\frac{j}{3}\omega) \cdot \frac{1}{3}H(\frac{j}{3}\omega)$$

故:

$$G(j\omega) = \frac{1}{9}Y(\frac{j}{3}\omega)$$

又由于

$$y(3t) \leftrightarrow \frac{1}{3}Y(\frac{j}{3}\omega)$$

所以

$$g(t) = \frac{1}{3}y(3t) = Ay(Bt)$$

由此可得

$$A = \frac{1}{3}, B = 3$$

4.32* 解: $P = 16.5\text{W}$

4.33* 解: $x(t) = 2 + 4\cos\omega_0 t + 2\cos 2\omega_0 t$

4.34* 解: $x(t) = \frac{2}{\pi}\text{Sa}(t)$

4.35* 解: 4π

4.36* 解: (1) $\int_{-\infty}^{\infty} \text{Sa}^4(at) dt = \frac{2\pi}{3a}$

(2) $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{(a^2 + t^2)^2} dt = \frac{\pi}{2a^3}$

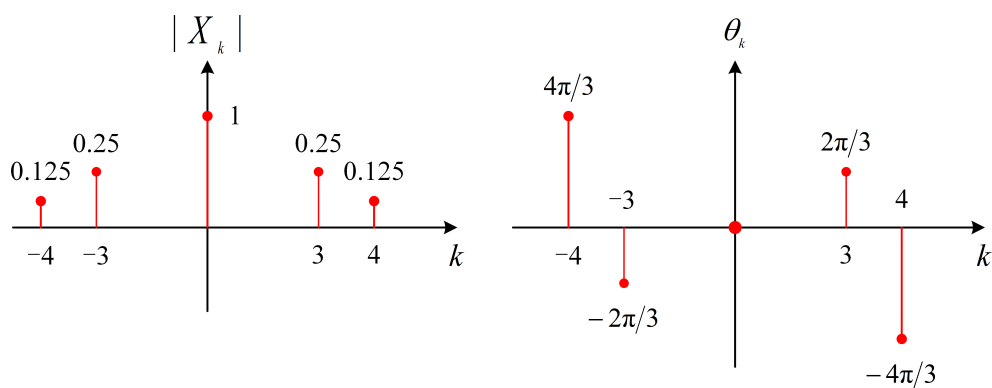
4.37* 解:

$$X(j\omega) = \frac{\tau}{2} \left[\text{Sa}\left(\frac{\omega + \omega_0}{2}\tau\right) + \text{Sa}\left(\frac{\omega - \omega_0}{2}\tau\right) \right]$$

4.38* 解: $P = 13.5\text{W}$

4.39* 解: (1) 基波周期为 $T = 24$, 角频率 $\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{12}\text{rad/s}$ 。

(2) 双边谱如下图所示:



4.40* 已知实信号 $x(t)$ 的傅里叶变换 $X(j\omega) = R(\omega) + jI(\omega)$, 信号 $y(t) = \frac{1}{2}[x(t) + x(-t)]$ 的傅里叶变换为 $R(\omega)$ 。

4.41* 解: (1) $x(t) = 2 + 4\cos(\omega_0 t - \frac{\pi}{2}) + 2\cos(2\omega_0 t - \frac{\pi}{4})$

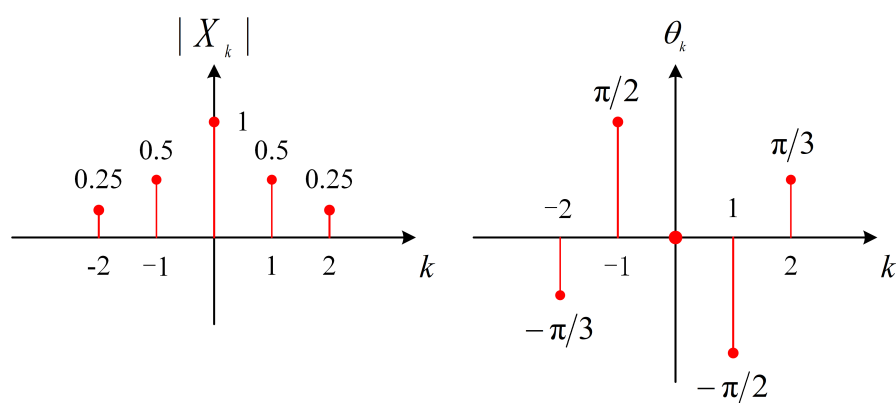
(2) $P = 14\text{W}$

4.42* 解: (1) $x(t) = \frac{2}{\pi}\text{Sa}(t)$

(2) $E = \frac{2}{\pi}$

4.43* 解: $\frac{\pi}{4}$

4.44* 解: (1)



(2)

$$X(j\omega) = 2\pi \sum_{k=-\infty}^{\infty} X_k \delta(\omega - k\omega_0)$$

$$= \frac{\pi}{2} e^{-j\pi/3} \delta(\omega + 2\omega_0) + \pi e^{j\pi/2} \delta(\omega + \omega_0) + 2\pi \delta(\omega) + \pi e^{-j\pi/2} \delta(\omega - \omega_0) + \frac{\pi}{2} e^{j\pi/3} \delta(\omega - 2\omega_0)$$

(3) $P = 1.625W$

第 5 章 连续时间系统频域分析

第 5 章 习题

5.1 解: (1)

$$H(j\omega) = 2 + \frac{-1}{2+j\omega} + \frac{-2}{3+j\omega}$$

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

$$y''(t) + 5y'(t) + 6y(t) = 2x''(t) + 7x'(t) + 5x(t)$$

(2)

$$H(j\omega) = \frac{2}{2+j\omega}$$

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

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

(3)

$$H(j\omega) = 1 - \frac{2}{3+j\omega} + \frac{-1}{2+j\omega} + \frac{1}{(j\omega+2)^2}$$

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

$$y'''(t) + 7y'(t) + 16y(t) + 12 = x'''(t) + 6x''(t) + 12x'(t) + 7x(t)$$

5.2 解: (1)

$$H(j\omega) = \frac{1}{3+j\omega}$$

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

(2)

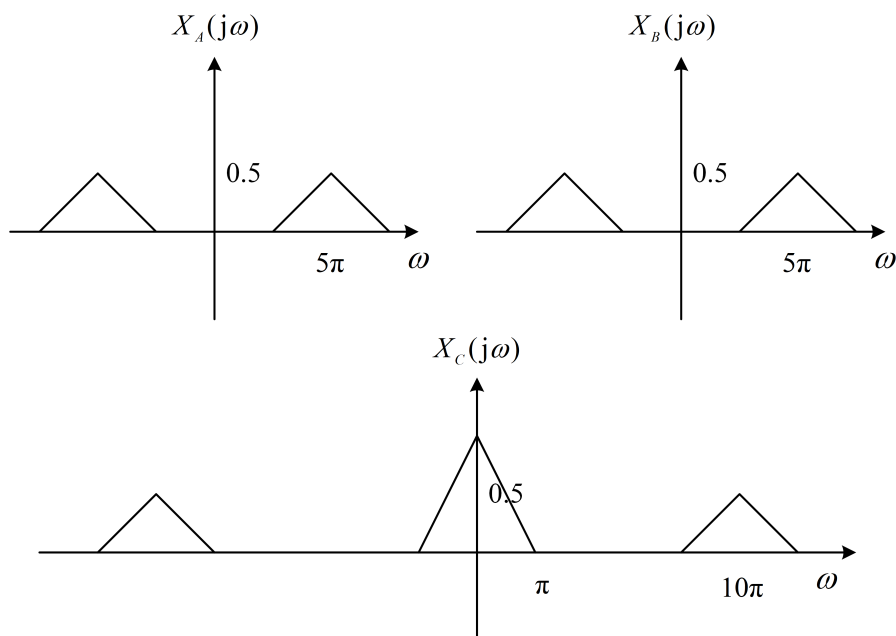
$$H(j\omega) = \frac{j\omega}{6 + 5j\omega + (j\omega)^2}$$

$$y_{zs}(t) = (3e^{-2t} - 2te^{-2t} - 3e^{-3t})u(t)$$

(3)

$$H(j\omega) = \frac{j\omega + 3}{(j\omega)^2 + 3(j\omega) + 2}$$

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

5.3 解: (1) $y''(t) + 4y'(t) + 4y(t) = 2x'(t) + 2x(t)$ (2) $y''(t) + 3y'(t) + 2y(t) = 3x'(t) + 4x(t)$ (3) $y'''(t) + 5y''(t) + 8y'(t) + 4y(t) = x''(t) + 6x'(t) + 6x(t)$ 5.4 解: $y(t) = \frac{\sqrt{2}}{2} \cos t$ 5.5 解: (1) $y(t) = 3 \cos 3t - 5 \sin(6t - 30^\circ)$ (2) $y(t) = \frac{2}{\pi} \cos(\pi t)$ 5.6 解: (1) $y(t) = \sin(6\pi t)$ (2) $y(t) = 2 \cos(6\pi t) + 2 \cos(8\pi t)$ (3) $y(t) = \frac{2}{\pi} \cos(8\pi t)$ 5.7 解: 各点的频谱如下图所示: 由图可见 $y(t) = 0.5x(t)$ 。5.8 解: $y(t) = \frac{1}{2} \cos 3\pi t + \frac{1}{8} \cos 2\pi t$ 5.9 解: $y(t) = 2 \cos\left(3\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$

5.10 解: $H(j\omega) = 1 - e^{-j\omega}$

5.11 解: (1) $y(t) = 5\text{Sa}[1.5(t+1)]$

$$(2) y(t) = \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{2\pi}{3}\right)$$

5.12 解: (1) $h(t) = 6\delta(t-2) - \frac{18}{\pi}\text{Sa}[3(t-2)]$

$$(2) y(t) = \frac{12}{5}\text{Sa}(t-2)\cos 4(t-2)$$

5.13 解: (1) $y(t) = 0$

$$(2) y(t) = \frac{10}{3}\text{Sa}\left(\frac{t-4}{2}\right)\cos\left(\frac{5}{2}(t-4)\right)$$

$$(3) y(t) = 5\text{Sa}(t-4)\cos(3(t-4))$$

(4)

$$y(t) = \frac{5\pi j}{(t-4)^2}[\sin 2(t-4) - \sin 4(t-4)] + \frac{10\pi j}{t-4}\cos 2(t-4)$$

5.14 解: 对 (a) 图 $H(j\omega) = \frac{\frac{R}{L}}{j\omega + \frac{R}{L}}$, 该系统为低通滤波器。

对 (b) 图 $H(j\omega) = \frac{j\omega}{j\omega + \frac{R}{L}}$, 该系统为高通滤波器。

5.15 解: 交叉频率为 $\omega_c = 12500$, $L = 640\mu\text{H}$ 。

5.16 解: $0.543\text{pF} \sim 0.817\text{pF}$

5.17 解:

5.18 解: $T_{\max} = \frac{\pi}{\omega_m}$

重建系统:

$$H(j\omega) = \begin{cases} 2, & \omega_m \leq |\omega| \leq \frac{2\pi}{T} - \omega_m \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

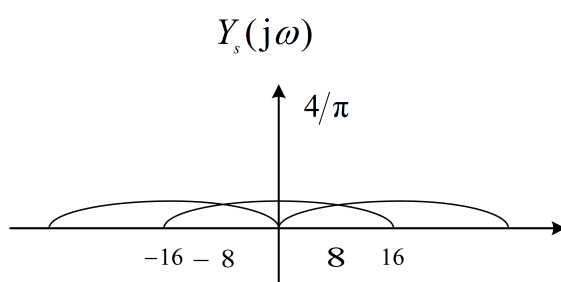
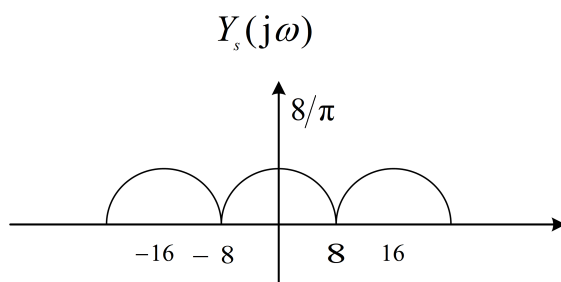
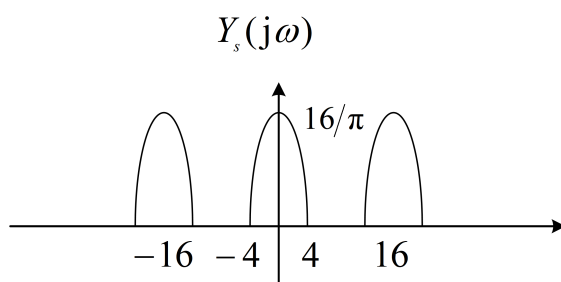
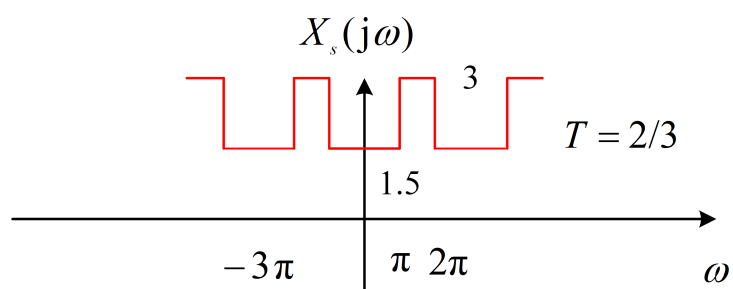
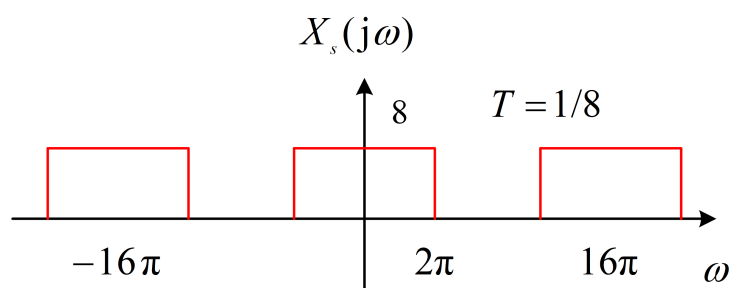
5.19 解: $x(0.5t)$ 的抽样信号频谱为:

$x(t)$ 的抽样信号后频谱为:

$x(2t)$ 的抽样信号后频谱为:

5.20 解: (1) $y(t) = \text{Sa}^2\left(\frac{t}{2}\right)$

$$(2) y(t) = 2\text{Sa}(t)$$



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/678075056025006053>