题号	一	二	三	四	总分	阅卷人
得分	16	8	14	19	57	王成优

得分	16

一、单选题（10 小题，每小题 2 分，共 20 分。请将正确选项的英文字母写在每小题的圆括号内。）

1. 下列各式中，正确的是(B)。

A. $\delta(t)=\frac{1}{2}\delta(2t)$ B. $\delta(2t)=\frac{1}{2}\delta(t)$ C. $\delta(2t)=\delta(t)$ D. $\delta(2t)=2\delta(t)$

2. 卷积积分 $e^{-2t}*\delta'(t)$=(C)。

A. $-2\delta'(t)$ B. e^{-2t} C. $-2e^{-2t}$ D. -2

3. 若对连续时间信号 $f(t)$ 进行时域抽样的奈奎斯特(Nyquist)频率为 f_N，则对 $f(\frac{t}{3}-2)$ 进行时域抽样的奈奎斯特频率为(A)。

A. $3f_N$ B. $f_N/3$ C. $3(f_N-2)$ D. $(f_N-2)/3$

4. 若信号 $f(t)$ 的频谱函数为 $F(j\omega)=[u(\omega+2\pi)-u(\omega-2\pi)]e^{-j3\omega}$，则 $f(t)$=(A)。

A. $\mathrm{Sa}[2\pi(t-3)]$ B. $2\mathrm{Sa}[2\pi(t-3)]$ C. $\mathrm{Sa}(2\pi t)$ D. $2\mathrm{Sa}(2\pi t)$

5. 连续周期性信号的频谱具有(D)。

A. 连续性、周期性 B. 连续性、收敛性
C. 离散性、周期性 D. 离散性、收敛性

6. 若连续时间 LTI 因果系统的频率响应特性 $H(j\omega)$ 可由系统函数 $H(s)$ 将其中的 s 换成 $j\omega$ 得到，其中 $s=\sigma+j\omega$，则要求该系统函数 $H(s)$ 的收敛域为(~~D~~ B)。

A. σ 大于某正数 B. σ 大于某负数 C. σ 小于某正数 D. σ 小于某负数

7. 连续时间信号 $f(t)=t^n e^{-at}u(t)$ 的单边拉普拉斯(Laplace)变换的收敛域为(~~A~~ B)。

A. $\sigma>a$ B. $\sigma>-a$ C. $\sigma>0$ D. $\sigma<-a$

8. 若序列 $x_1(n)=u(n+2)-u(n-2)$，$x_2(n)=\sin\frac{n\pi}{2}$，则 $x_1(n)*x_2(n)$=(D)。

A. $n\sin\frac{n\pi}{2}$ B. $n\cos\frac{n\pi}{2}$ C. 2 D. 0

9. 若序列 $x_1(n)$、$x_2(n)$ 的长度分别为 N_1、N_2，则序列 $y(n)=x_1(n)*x_2(n)$ 的长度为(A)。

A. N_1+N_2-1 B. N_1+N_2 C. N_1+N_2+1 D. N_1+N_2-2

10. 序列 $x(n)=\sum_{m=0}^{\infty}(-1)^m\delta(n-m)$ 的单边 z 变换为(D)。

A. $\frac{z}{z-1}$, $|z|<1$ B. $\frac{z}{z-1}$, $|z|>1$ C. $\frac{z}{z+1}$, $|z|<1$ D. $\frac{z}{z+1}$, $|z|>1$

得分	8

二、判断题（20 小题，每小题 1 分，共 20 分。请在每小题前的圆括号内用“√”表示正确或用“×”表示错误。）

(√)1. 两个周期性连续时间信号之和仍为周期性连续时间信号。

(×)2. 某线性系统对激励 $e(t)=\delta(t-\tau)$ 的零状态响应为 $r(t)=u(t-\tau)-u(t-2\tau)$，则该系统为时不变系统。

(×)3. 某线性系统对激励 $e(t)=\delta(t-\tau)$ 的零状态响应为 $r(t)=u(t-\tau)-u(t-2\tau)$，则该系统为因果系统。

(√)4. 若 $r(t)=e_1(t)*e_2(t)$，则 $r(2t)=2e_1(2t)*e_2(2t)$。

(×)5. 若函数 $f(t)$ 和 $h(t)$ 都是 t 的奇函数，则 $y(t)=f(t)*h(t)$ 是 t 的偶函数。

(√)6. 若 LTI 系统的初始状态为零，则系统的零状态响应就是系统的强迫响应。

(√)7. 若 $f(t)$ 为周期信号，则 $f(2t)$ 的基波分量的周期是 $f(t)$ 基波周期的 2 倍。

(×)8. 因为奇谐函数一定是奇函数，所以其傅里叶(Fourier)级数仅含有奇次正弦分量。

(√)9. 若连续时间信号 $f(t)$ 的傅里叶变换存在，则其双边拉普拉斯变换也一定存在。

(√)10. $F(s)=\frac{e^{-s}}{1+s^2}$ 的单边拉普拉斯逆变换为 $f(t)=\sin(t-1)$。

(×)11. 若某连续时间 LTI 系统的单位冲激响应 $h(t)$ 是非零周期性函数，则该系统是不稳定系统。

(√)12. 非最小相移网络可用最小相移网络与全通网络的级联来实现。

(√)13. 理想的低通滤波器无法通过实际电路来实现，但是，理想低通滤波器理论可以指导实际滤波器的分析和设计。

(√)14. 对于连续时间 LTI 因果系统，系统函数 $H(j\omega)$ 的实部 $R(\omega)$ 和虚部 $X(\omega)$ 之间构成希尔伯特变换对。

(√)15. 已知 $X(z)=\frac{z}{(z-\frac{1}{2})(z-2)}$，收敛域为 $\frac{1}{2}<|z|<2$，则双边逆 z 变换所得序列为 $x(n)=\frac{2}{3}[2^n u(-n-1)+(\frac{1}{2})^n u(n)]$。

(√)16. 离散时间 LTI 系统函数 $H(z)$ 的极点决定 $h(n)$ 的波形特征，而零点只影响 $h(n)$ 的幅度和相位。

(×)17. 稳定的离散时间 LTI 系统 $H(z)$ 的收敛域包含单位圆在内。

(√)18. 离散时间 LTI 系统，若是稳定的因果系统，其全部极点均在单位圆内。

(√)19. 离散时间 LTI 系统的频率响应 $H(e^{j\omega})$ 与单位样值响应 $h(n)$ 是一对傅里叶变换。

(√)20. 离散时间 LTI 系统的频率响应 $H(e^{j\omega})$ 是以 $\omega_s=\frac{2\pi}{T_s}$ 为周期的周期函数，其中 T_s 是抽样间隔。

得分	14

三、简答题（4 小题，每小题 5 分，共 20 分）

1. (5 分) 已知信号 $f(5-2t)$ 的波形如图 1 所示，请画出 $f(t)$ 的波形图。

+3

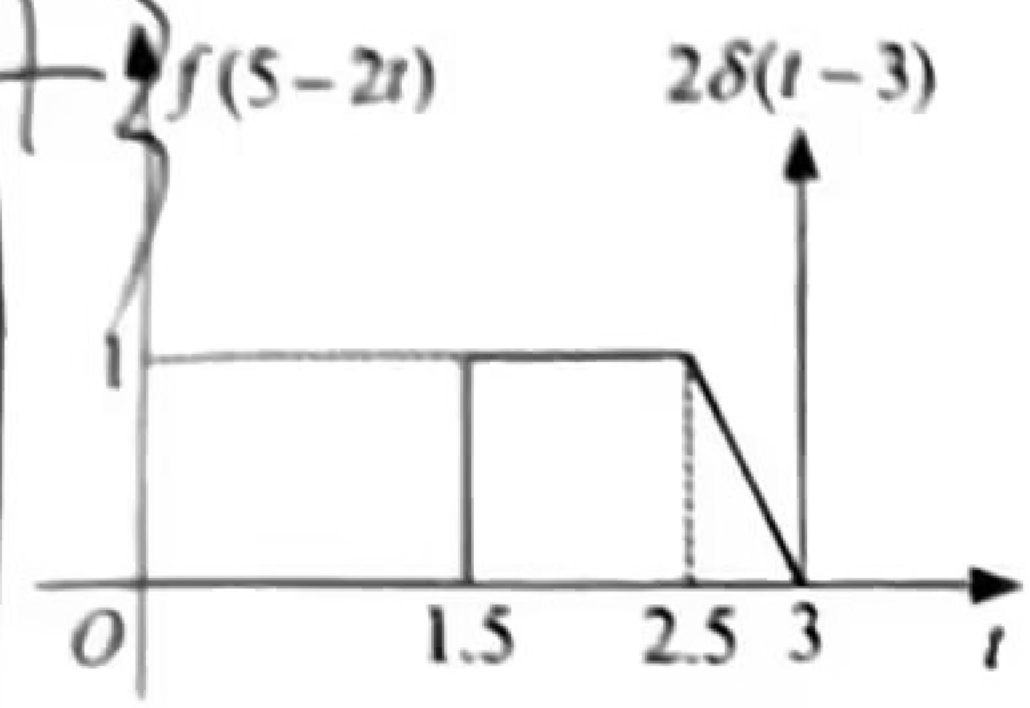
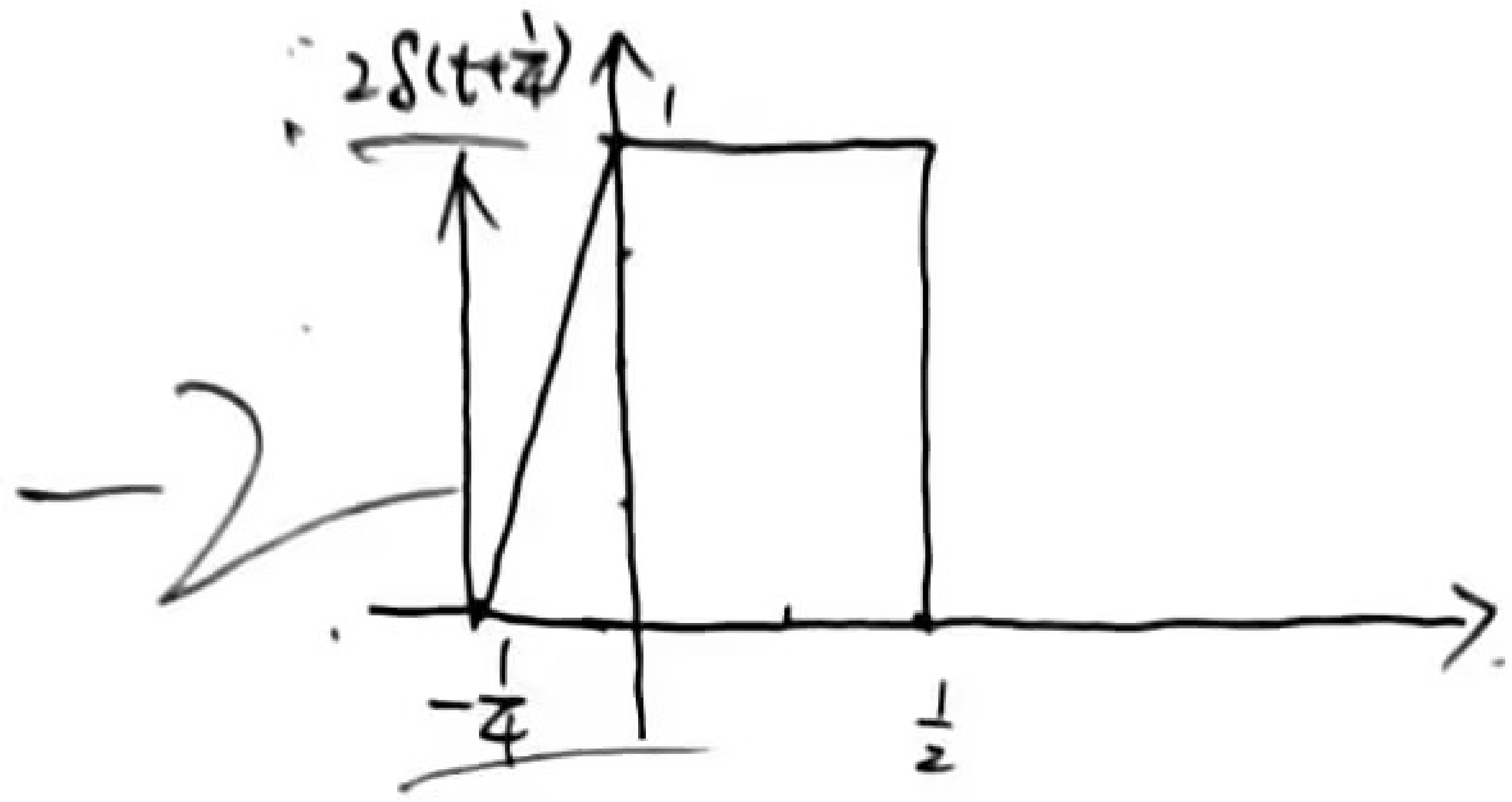


图 1　信号 $f(5-2t)$ 的波形



−2

+5

2. (5 分) 已知连续时间 LTI 系统的激励信号 $e(t)$ 和零状态响应 $r(t)$ 的波形，分别如图 2 和图 3 所示，求该系统的单位冲激响应 $h(t)$。

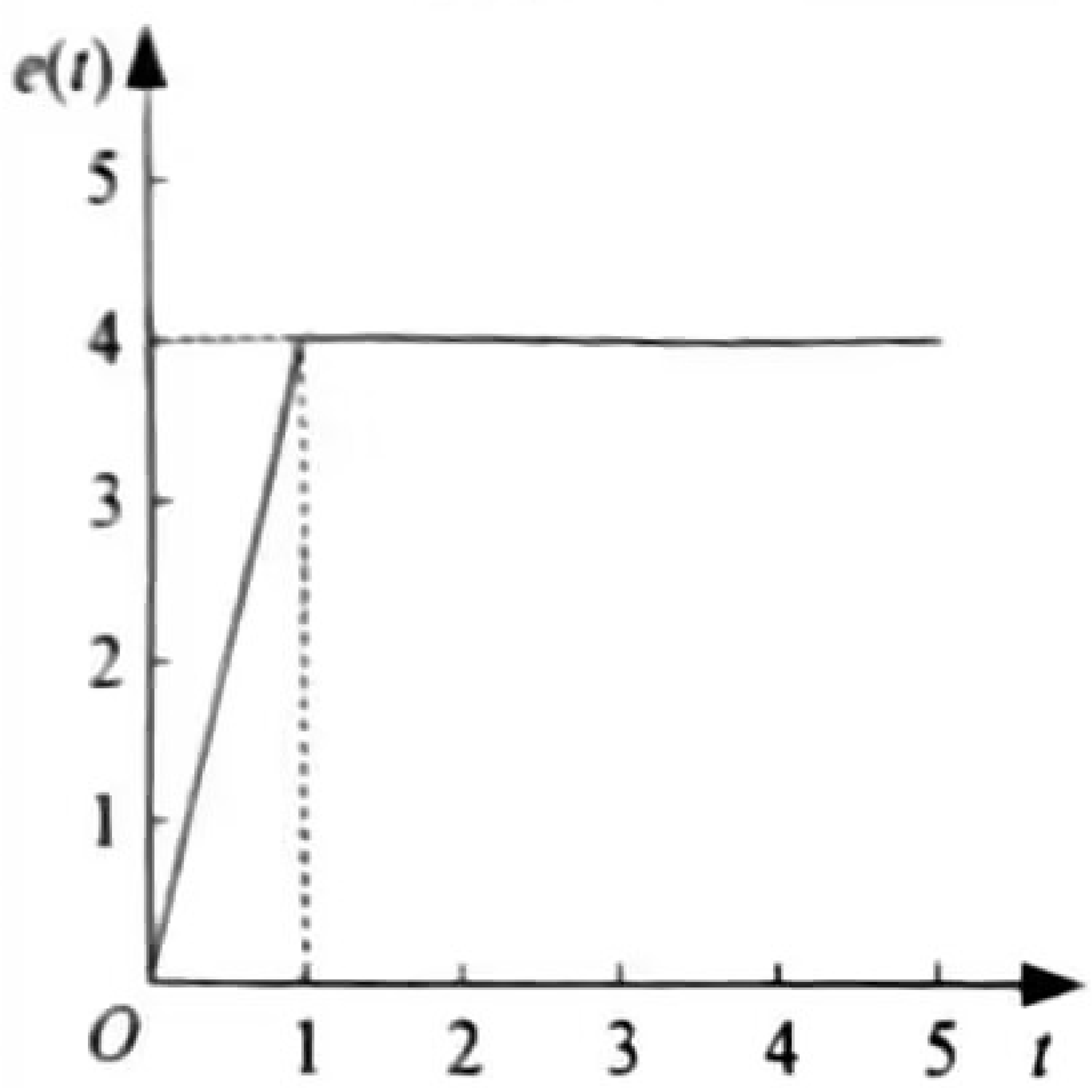


图 2　激励信号 $e(t)$ 的波形

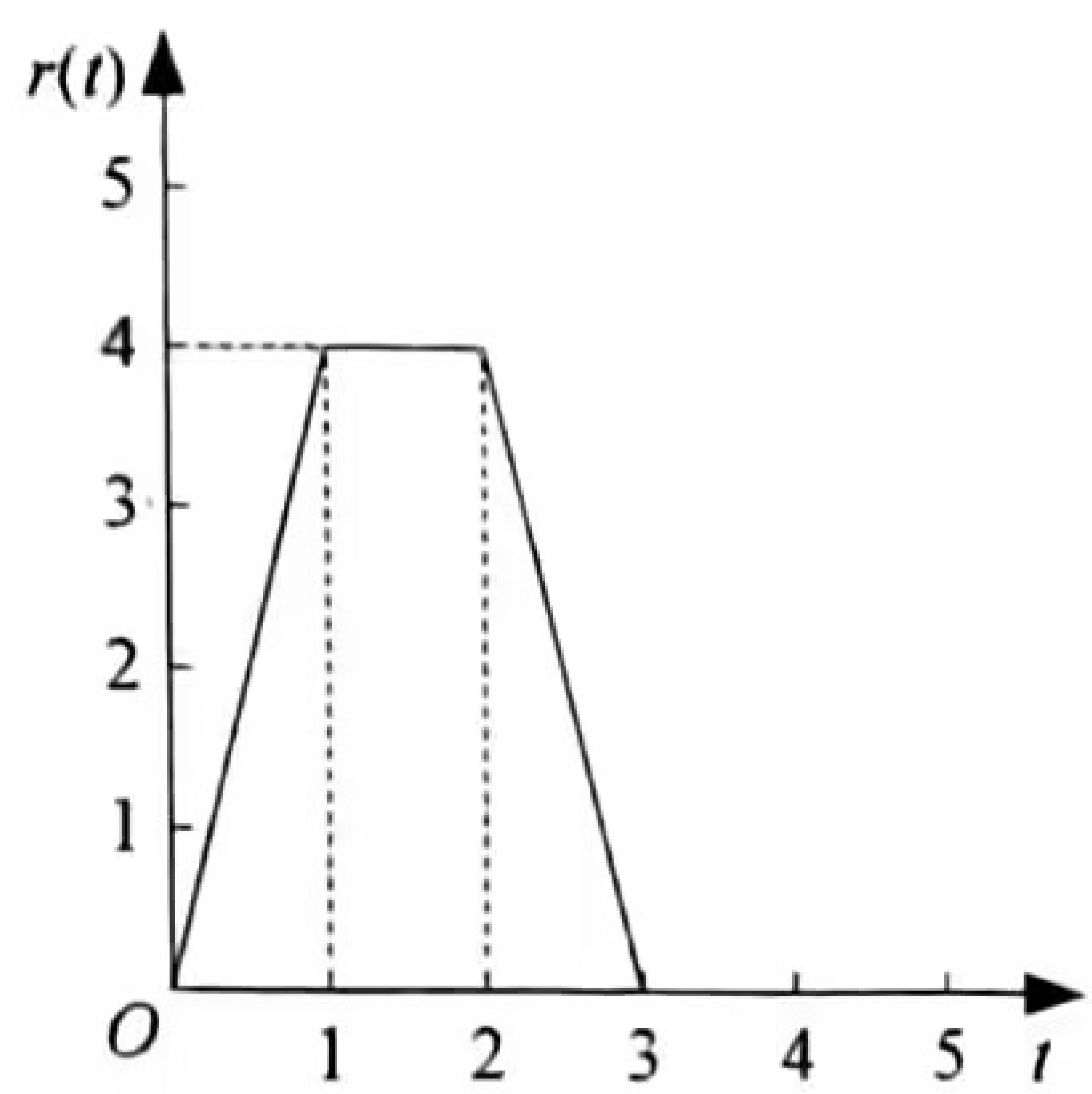
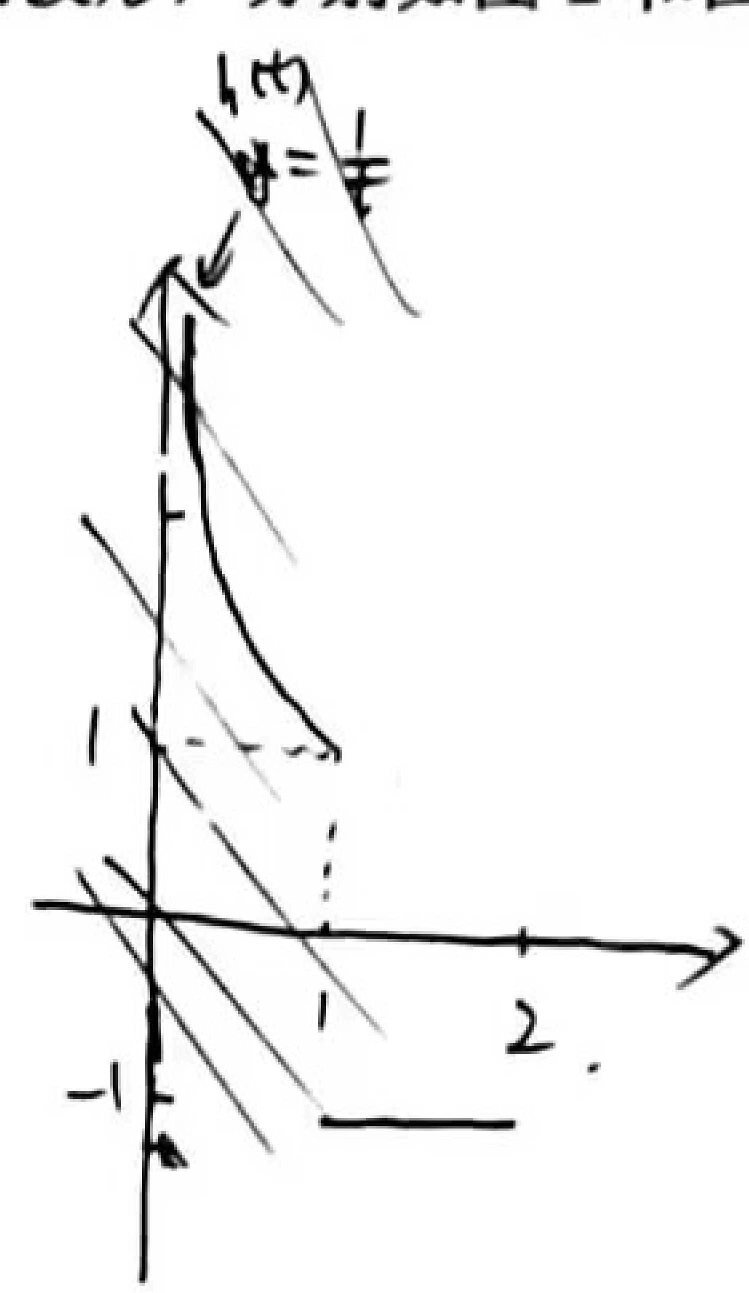


图 3　零状态响应 $r(t)$ 的波形

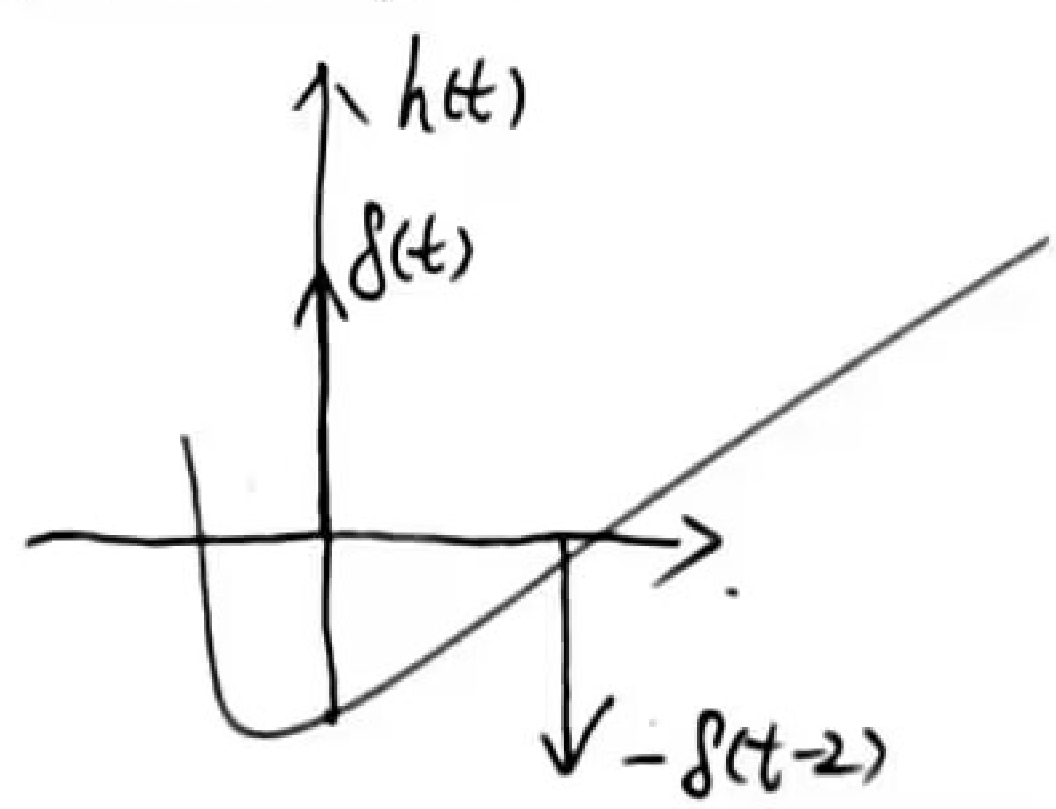


$r(t) = e(t) * h(t)$，由 $r(t)$ 可知 $h(t)$ ~~带~~宽度为 3 且后边均为 0.

~~r(t)在(0,1)时与e(t)波形相同，即 h(t)在(0,1)上的幅值为1~~，

~~r(t)在(1,2)保持不变，即h(t)又在e(t)~~.

$\int_0^t h(\tau)\cdot 4\tau\, d\tau = 4t \Rightarrow h(\tau)\cdot\tau = 1$.



+4

3. (10 分) 若描述离散时间 LTI 系统的差分方程为：

$$y(n)-3y(n-1)+2y(n-2)=x(n-1)-2x(n-2)$$

已知 $y(0)=y(1)=1$，$x(n)=u(n)$，求系统的零输入响应 $y_{zi}(n)$ 和零状态响应 $y_{zs}(n)$。

$r^2-3r+2=0 \Rightarrow r=-1,-2$.

$\Rightarrow y_{zi}(n)=C_1\cdot(-1)^n+C_2(-2)^n$

将 $n=0$ 代入：$y(0)-3y(-1)+2y(-2)=x(-1)-2x(-2)=0$.

将 $n=1$ 代入：$y(1)-3y(0)+2y(-1)=x(0)-2x(-1)=1$.

$\Rightarrow \begin{cases}1-3y(-1)+2y(-2)=0 \\ -2+2y(-1)=1\end{cases} \Rightarrow \begin{cases}y(-1)=\frac{3}{2} \\ y(-2)=\frac{7}{4}\end{cases}$

将 $n=-1$，$n=-2$ 代入 $y_{zi}(n)$ 得

$\begin{cases}-C_1-\frac{1}{2}C_2=\frac{3}{2} \\ C_1+\frac{1}{4}C_2=\frac{7}{4}\end{cases} \Rightarrow \begin{cases}C_1=5 \\ C_2=-13\end{cases} \Rightarrow y_{zi}(n)=5\cdot(-1)^n-13\cdot(-2)^n$

作 Z 变换：

$Y(z)-3zY(z)+2z^2Y(z)=z\cdot\frac{z}{z-1}-2z^2\cdot\frac{z}{z-1}$

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

$\frac{Y(z)}{z}=-\frac{z}{(z-1)^2}=\frac{k_1}{z-1}+\frac{k_2}{(z-1)^2}$

$\lim\limits_{z\to1}(z-1)^2\frac{Y(z)}{z}=k_2=-1$，$\lim\limits_{z\to1}$

-6

+0

4. (10 分) 已知离散时间 LTI 系统的差分方程为：$y(n)-\frac{1}{3}y(n-1)=x(n)$

(1) 求系统函数和单位样值响应 $h(n)$；

(2) 若系统的零状态响应为 $y(n)=3[(\frac{1}{2})^n-(\frac{1}{3})^n]u(n)$，求激励信号 $x(n)$；

(3) 画系统函数的零、极点分布图；(4) 粗略画出幅频响应特性曲线；(5) 画系统的结构框图。

-10

得分	19

四、综合题（4 小题，每小题 10 分，共 40 分，要有依据和必要的步骤）

1. (10 分) 已知描述连续时间 LTI 系统输入-输出关系的微分方程为：

$$r''(t)+5r'(t)+6r(t)=e''(t)+3e'(t)+2e(t)$$

+10

当输入 $e(t)=u(t)+e^{-t}u(t)$ 时，系统的完全响应为 $r(t)=(4e^{-2t}-\frac{4}{3}e^{-3t}+\frac{1}{3})u(t)$，试求：(1) 系统的冲激响应 $h(t)$；(2) 系统的零状态响应 $r_{zs}(t)$ 和零输入响应 $r_{zi}(t)$。

(1) $R(s)=\frac{4}{s+2}+\frac{\frac{4}{3}}{s+3}+\frac{1}{3s}$

$s^2R_{zs}(s)+5sR_{zs}(s)+6R_{zs}(s)=s^2E(s)+3sE(s)+2E(s)$

$\Rightarrow (s^2+5s+6)R_{zs}(s)=(s^2+3s+2)E(s)$

$\Rightarrow \frac{R_{zs}(s)}{E(s)}=H(s)=\frac{(s+1)(s+2)}{(s+2)(s+3)}=\frac{s+1}{s+3}=1-\frac{2}{s+3}$

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

(2) $r_{zs}(t)=h(t)*e(t)\overset{LT}{\Rightarrow}R_{zs}(s)=H(s)\cdot E(s)$

$\Rightarrow R_{zs}(s)=\frac{s+1}{s+3}\cdot(\frac{1}{s}+\frac{1}{s+1})=\frac{2s+1}{s(s+3)}=\frac{k_1}{s}+\frac{k_2}{s+3}$

$\lim_{s\to0} sR_{zs}(s)=k_1=\frac{2s+1}{s+3}\Big|_{s=0}=\frac{1}{3}$

$\lim_{s\to-3}(s+3)R_{zs}(s)=k_2=\frac{2s+1}{s}\Big|_{s=-3}=\frac{5}{3}$

$\Rightarrow R_{zs}(s)=\frac{1}{3}\cdot\frac{1}{s}+\frac{5}{3}\cdot\frac{1}{s+3}$

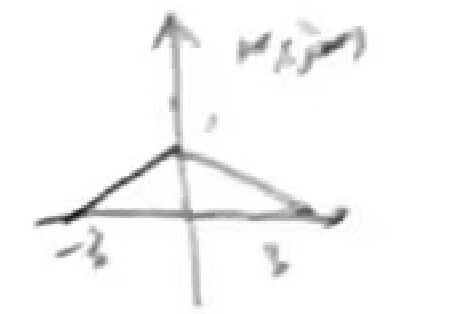
$\Rightarrow r_{zs}(t)=(\frac{1}{3}+\frac{5}{3}e^{-3t})\cdot u(t)$

$\Rightarrow r_{zi}(t)=r(t)-r_{zs}(t)=(4e^{-2t}-3e^{-3t})u(t)$

2. (10 分) 图 4 连续时间 LTI 系统由两个子系统级联组成：

+5

图 4 连续时间 LTI 系统



已知子系统 1 的频率响应 $H_1(j\omega)=\begin{cases}1-\frac{|\omega|}{3}, & |\omega|<3\text{ rad/s}\\ 0, & 其他\end{cases}$，子系统 2 的冲激响应 $h_2(t)=\frac{3}{2}\mathrm{Sa}(\frac{3}{2}t)$。若系统的输入 $e(t)=\sum_{n=-\infty}^{\infty}\frac{3}{\pi}e^{jn(\Omega t+\frac{\pi}{2})}$，其中 $\Omega=1$ rad/s，试求系统的输出 $r(t)$。

$e(t)=\sum_{n=-\infty}^{\infty}\frac{3}{\pi}e^{jn(t+\frac{\pi}{2})}=\frac{3}{\pi}\cdot\sum_{n=-\infty}^{\infty}\cos[n(t+\frac{\pi}{2})]-j\sin[n(t+\frac{\pi}{2})]$

$e_1(t)=e(t)*h_1(t)\overset{FT}{\Rightarrow}E_1(j\omega)=E(j\omega)\cdot H_1(j\omega)$

∵ $H_1(j\omega)$ 仅在 $|\omega|<3$ 时不为 0

∴ $e(t)$ 在经过 $H_1(j\omega)$ 后，只剩下 $\sum_{n=-2}^{2}\frac{3}{\pi}e^{jn(t+\frac{\pi}{2})}$ 这些分量

再与 $H_1(j\omega)$ 相乘。

$\Rightarrow e_1(t)=\frac{3}{\pi}+\frac{2}{\pi}e^{\pm j(t+\frac{\pi}{2})}\cancel{+\frac{1}{\pi}e^{\pm jn}}+\frac{1}{\pi}e^{\pm j2(t+\frac{\pi}{2})}$

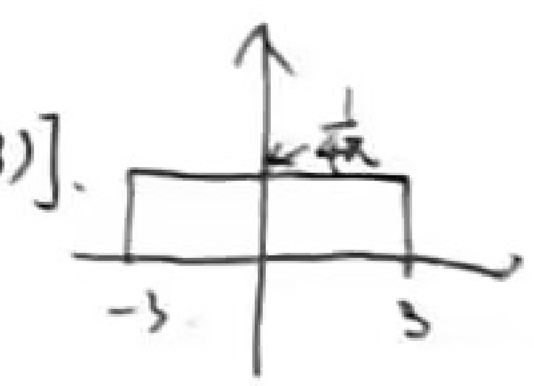
$=\frac{3}{\pi}+\frac{4}{\pi}\cos(t+\frac{\pi}{2})+\frac{2}{\pi}\cos(2t+\pi)=\frac{3}{\pi}-\frac{4}{\pi}\cdot\sin(t)-\frac{2}{\pi}\cos(2t)$

$g_{2\tau}(t)\xrightarrow{FT}\tau\,Sa(\frac{\omega\tau}{2})\Rightarrow\tau\cdot Sa(\frac{\tau t}{2})\xrightarrow{FT}\frac{1}{2\pi}g_{2\tau}(-\omega)$

$\tau=3$ $\Rightarrow \frac{3}{2}Sa(\frac{3}{2}t)=\frac{1}{2}\cdot3Sa(\frac{3}{2}t)\xrightarrow{FT}\frac{1}{4\pi}g_6(-\omega)=\frac{1}{4\pi}g_6(\omega)=H_2(\omega)$ −2

$R(\omega)=H_2(\omega)\cdot E_1(\omega)=\frac{1}{4\pi}\cdot g_6(\omega)\cdot[\frac{1}{j\omega}\cdot\frac{3}{\pi}-4\delta(\omega+1)+4\delta(\omega-1)-2\delta(\omega+2)-2\delta(\omega-2)$

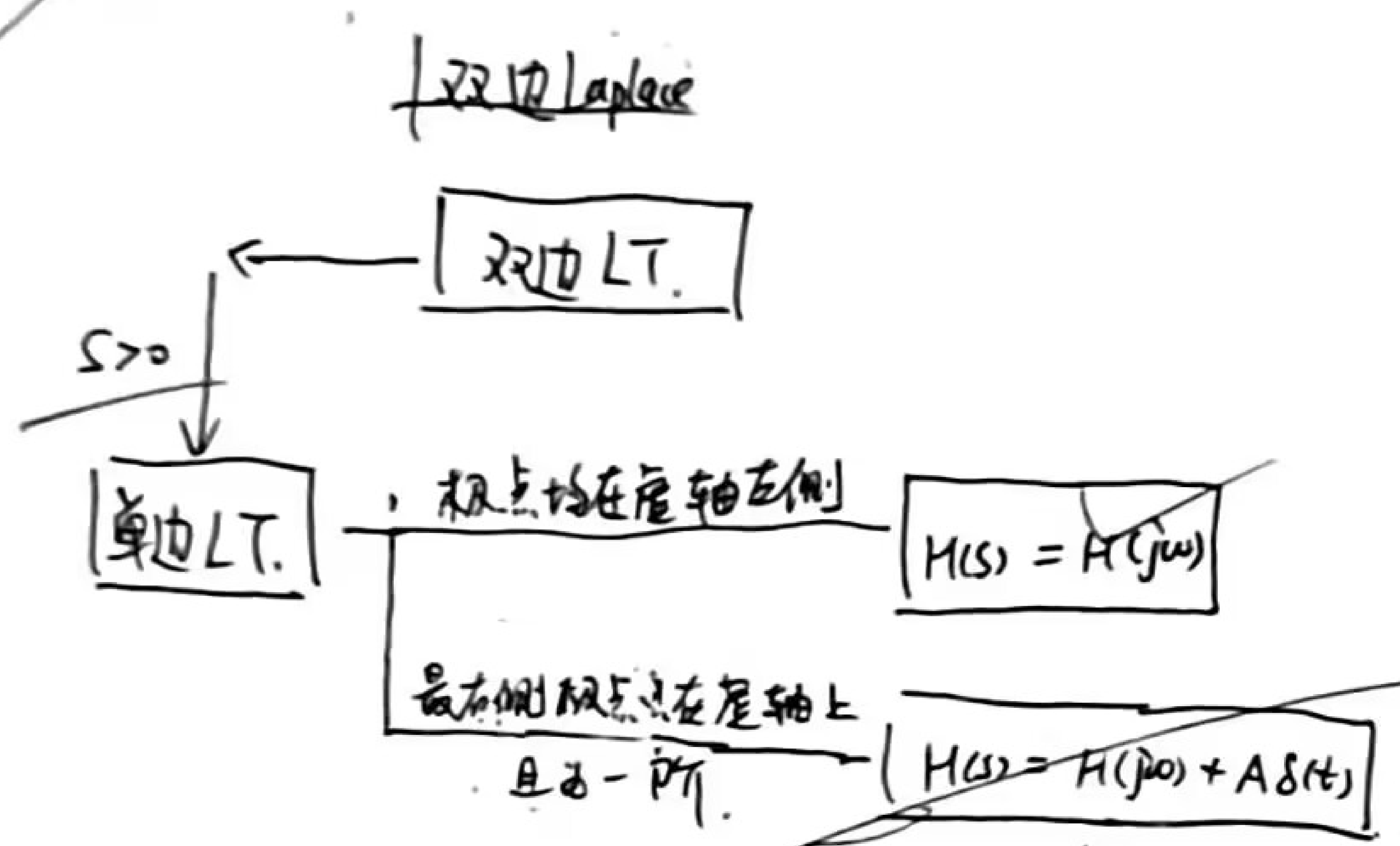
$\Rightarrow r(t)=\frac{1}{\pi^2}\sin t-\frac{1}{2\pi^2}\cos(2t)+\mathcal{F}^{-1}[\frac{3}{4\pi^2}\cdot\frac{1}{j\omega}(|\omega|<3)]$.



……−3

3. (5 分) 请简述傅里叶变换、双边拉普拉斯变换与单边拉普拉斯变换三者之间的关系，并画简图示意三者之间的关系。

+7



4. (5 分) 何谓全通系统？何谓无失真传输系统？全通网络一定是无失真传输系统吗？为什么？

+4

全通系统即为任意频率分量均能通过的系统（$|H(j\omega)|\equiv 1$）.

无失真传输系统即 $H(j\omega)$在一定频率范围内幅值为1，相位在幅值为1的范围内对应频率满足 $\varphi(\omega)=-k\omega$.

全通网络不一定是无失真传输系统，因为其相位条件不一定满足 $\varphi(\omega)=-k\omega$.