1-4 分析过程：

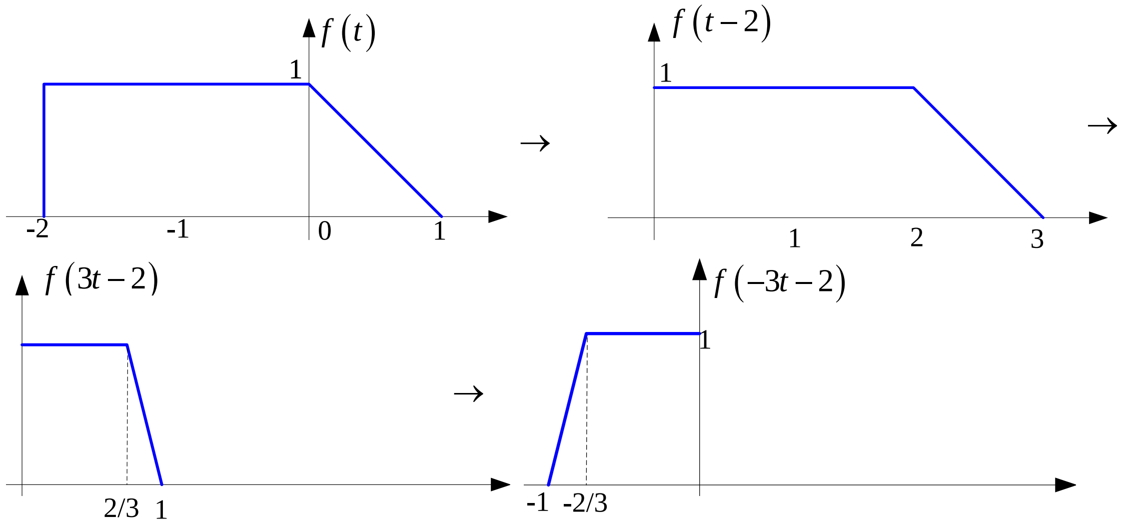
（1）例 1-1 的方法：$f(t)\to f(t-2)\to f(3t-2)\to f(-3t-2)$

（2）方法二：$f(t)\to f(3t)\to f\left[3\left(t-\frac{2}{3}\right)\right]\to f(-3t-2)$

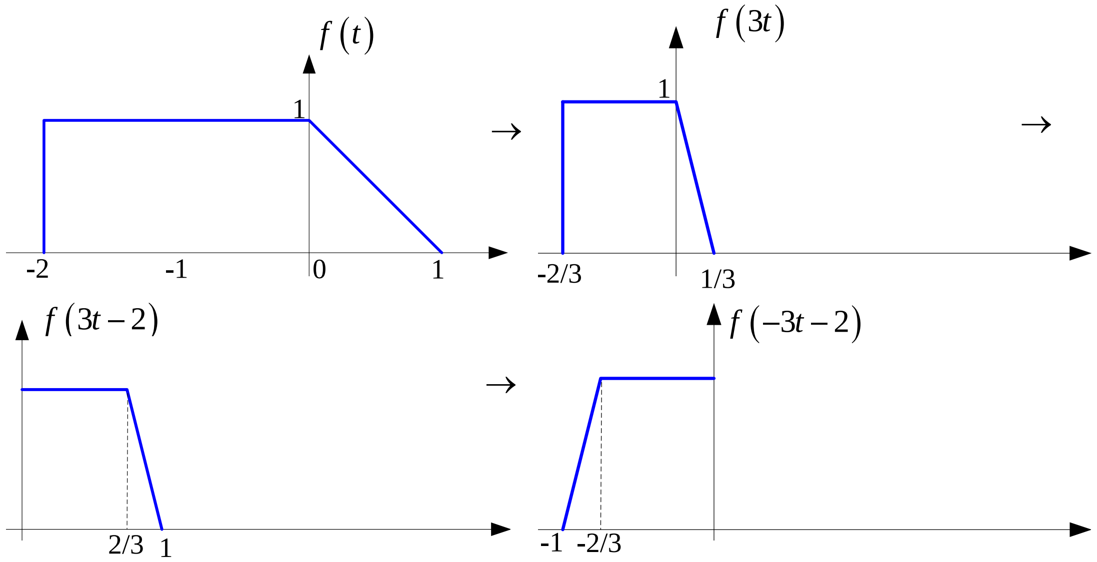
（3）方法三：$f(t)\to f(-t)\to f\left[-(t+2)\right]\to f(-3t-2)$

解题过程：

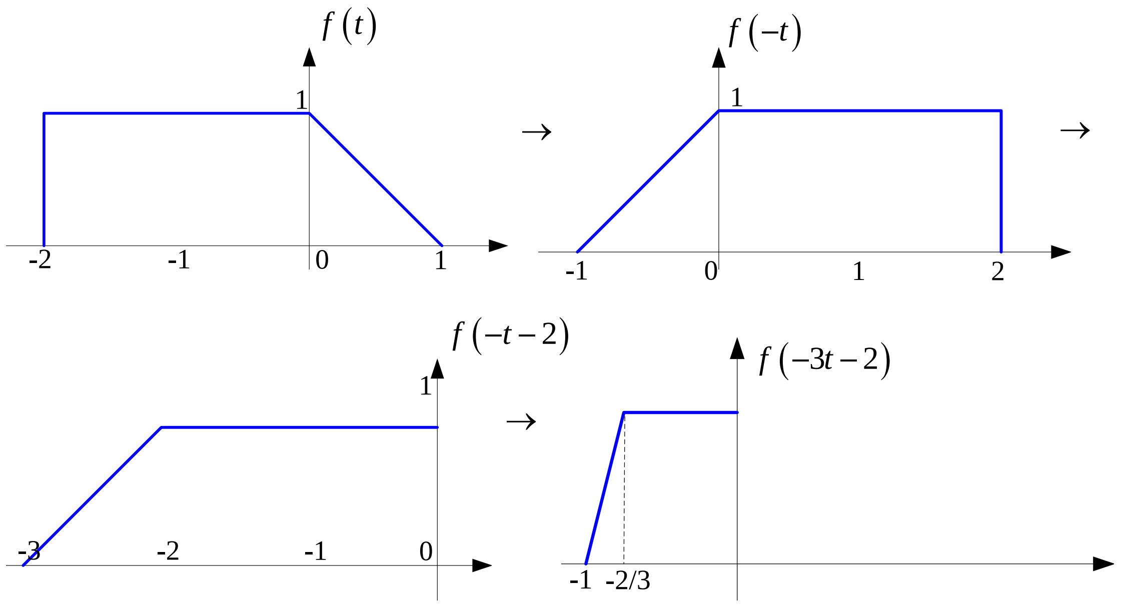
（1）方法一：



方法二：



方法三：



1-5 解题过程：

（1） $f(-at)$ 左移 t_0： $f\left[-a\left(t+t_0\right)\right]=f\left(-at-at_0\right)\neq f\left(t_0-at\right)$

（2） $f(at)$ 右移 t_0： $f\left[a\left(t-t_0\right)\right]=f\left(at-at_0\right)\neq f\left(t_0-at\right)$

（3） $f(at)$ 左移 $\dfrac{t_0}{a}$： $f\left[a\left(t+\dfrac{t_0}{a}\right)\right]=f\left(at+t_0\right)\neq f\left(t_0-at\right)$

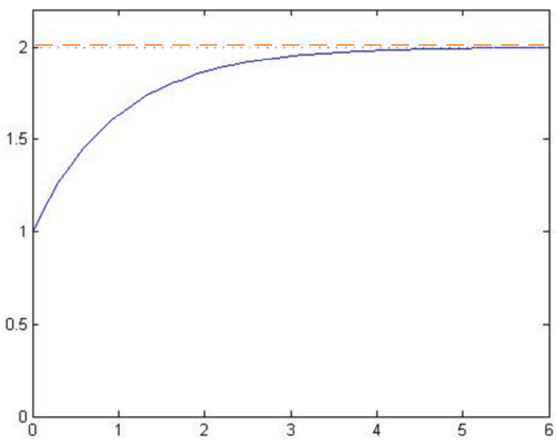
（4） $f(at)$ 右移 $\dfrac{t_0}{a}$： $f\left[-a\left(t-\dfrac{t_0}{a}\right)\right]=f\left(-at+t_0\right)=f\left(t_0-at\right)$

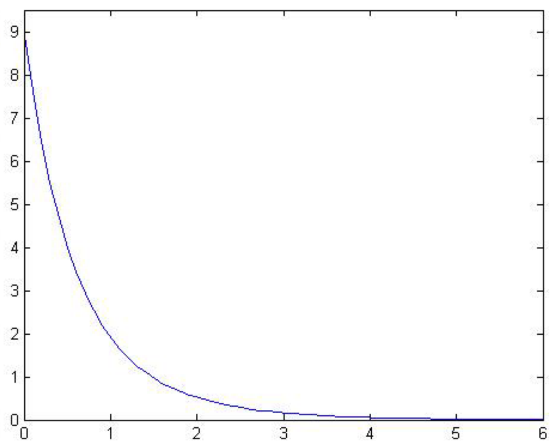
故（4）运算可以得到正确结果。

注：1-4、1-5 题考察信号时域运算：1-4 题说明采用不同的运算次序可以得到一致的结果；1-5 题提醒所有的运算是针对自变量 t 进行的。如果先进行尺度变换或者反转变换，再进行移位变换，一定要注意移位量和移位的方向。

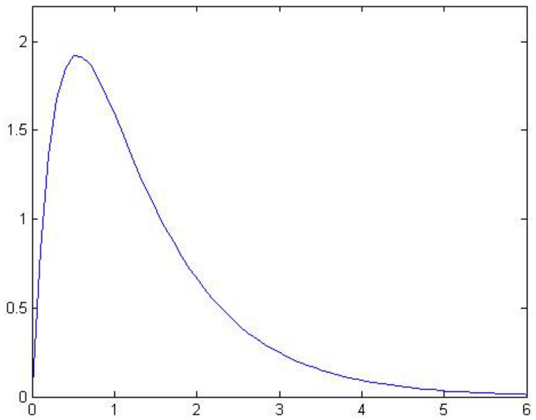
1-9 解题过程：

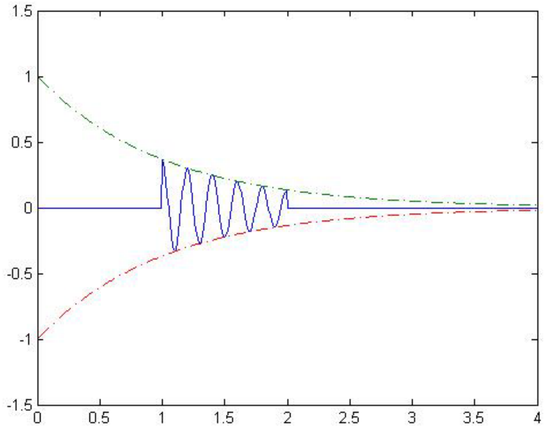
（1） $f(t)=\left(2-e^{-t}\right)u(t)$ （2） $f(t)=\left(3e^{-t}+2e^{-2t}\right)u(t)$



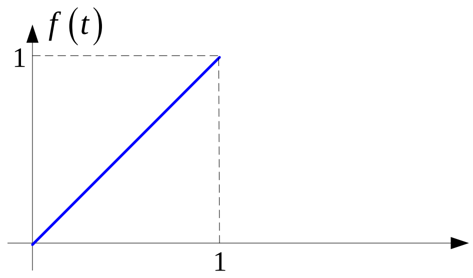


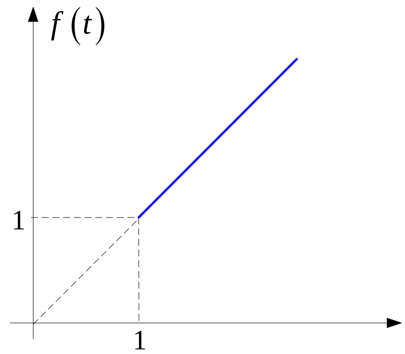
（3）$f(t)=\left(5e^{-t}-5e^{-2t}\right)u(t)$　　（4）$f(t)=e^{-t}\cos(10\pi t)\left[u(t-1)-u(t-2)\right]$

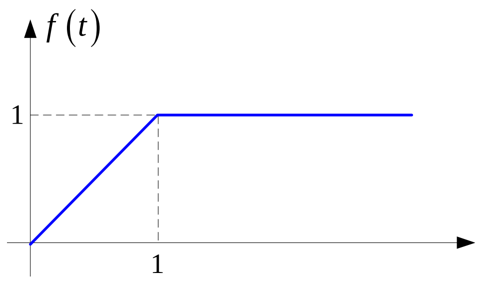


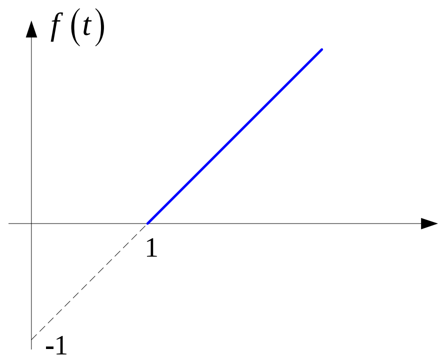


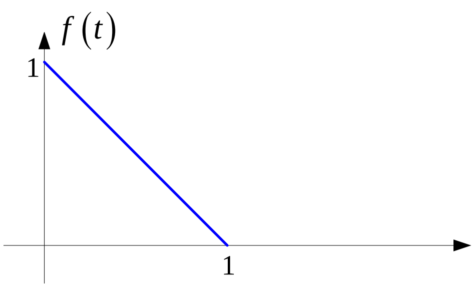
1-12 解题过程：

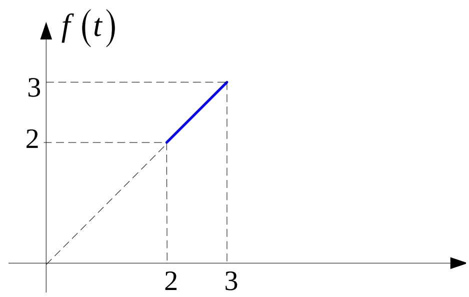
（1）


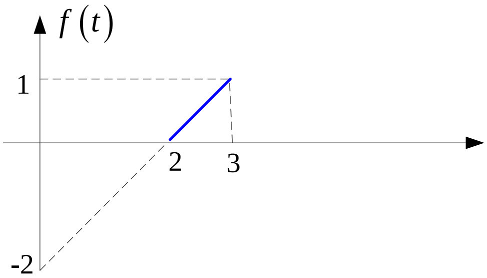
（2）


（3）


（4）


（5）


（6）


（7）


注：1-9、1-12 题中的时域信号均为实因果信号，即 $f(t)=f(t)u(t)$

1-18 分析过程：任何信号均可分解为奇分量与偶分量之和的形式，即

$$f(t)=f_e(t)+f_o(t) \quad \cdots \quad (1)$$

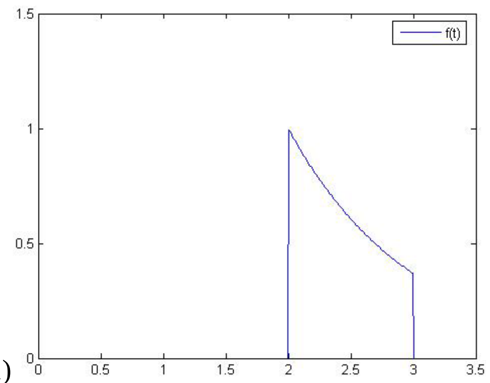
其中，$f_e(t)$ 为偶分量，$f_o(t)$ 为奇分量，二者性质如下：

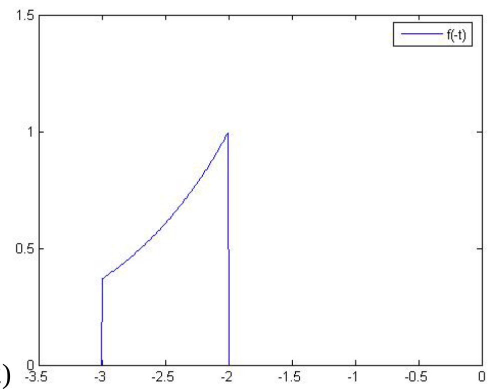
$$f_e(t)=f_e(-t) \quad \cdots \quad (2)$$
$$f_o(t)=-f_o(-t) \quad \cdots \quad (3)$$

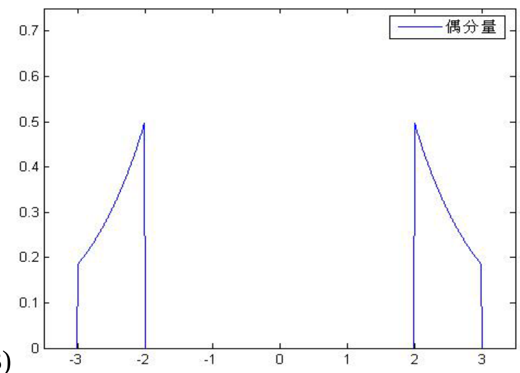
$(1)\sim(3)$ 式联立得

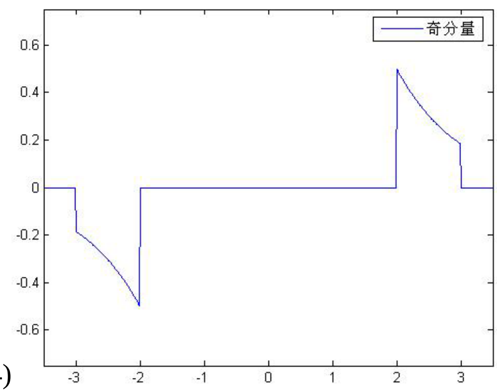
$$f_e(t)=\frac{1}{2}\left[f(t)+f(-t)\right]$$
$$f_o(t)=\frac{1}{2}\left[f(t)-f(-t)\right]$$

解题过程：

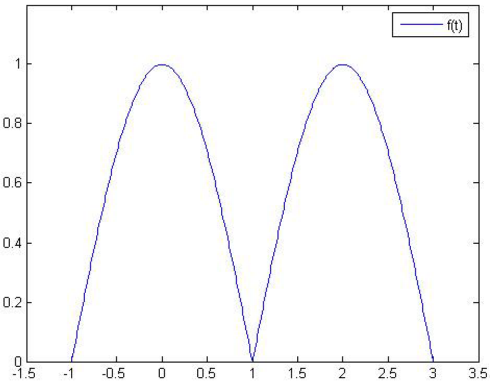
(a-1)


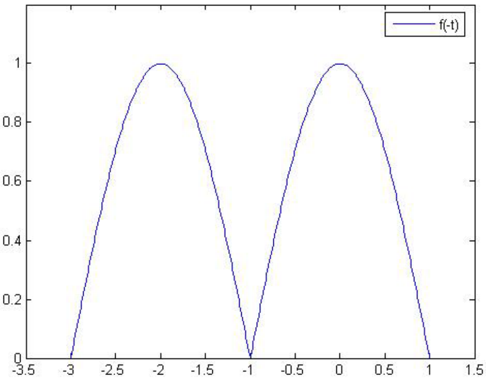
(a-2)


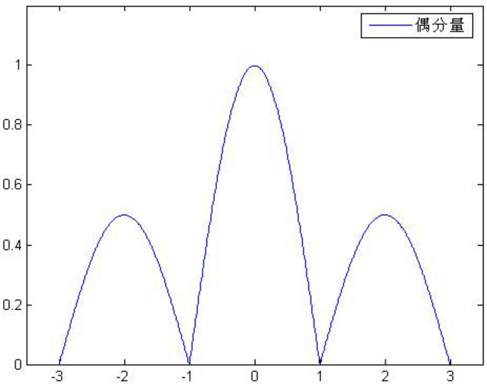
(a-3)


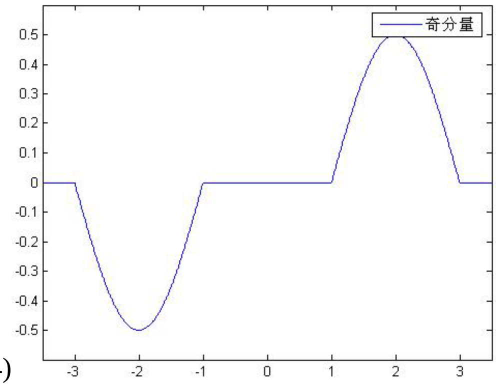
(a-4)


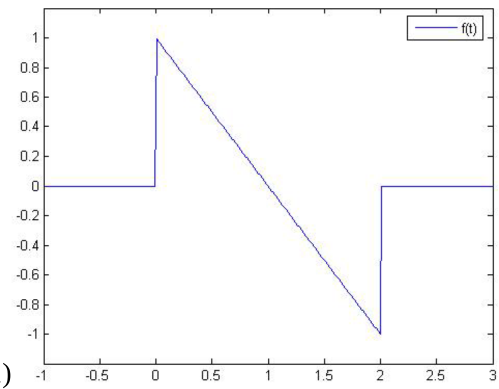
(b) $f(t)$ 为偶函数，故只有偶分量，为其本身

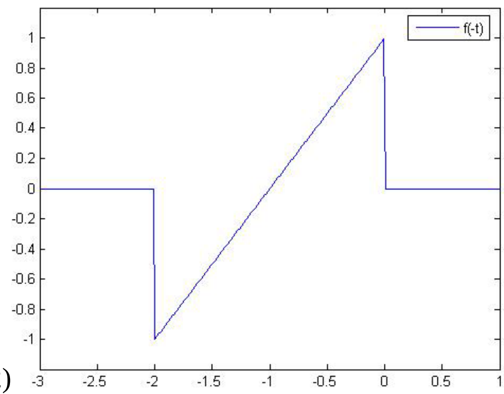
(c-1)


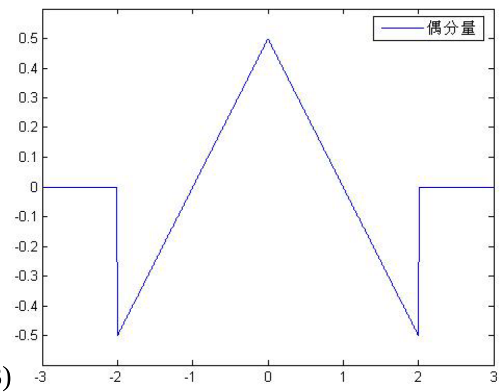
(c-2)


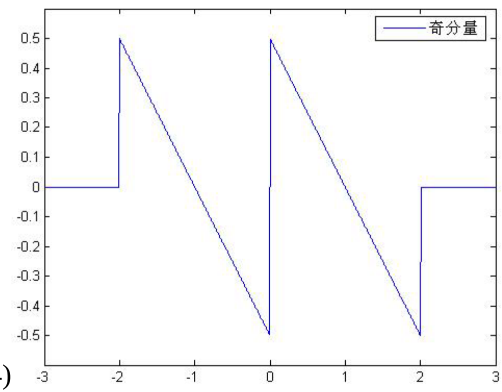
(c-3)


(c-4)


(d-1)


(d-2)


(d-3)


(d-4)


1-20 分析过程：本题为判断系统性质：线性、时不变性、因果性

（1）线性（Linearity）：基本含义为叠加性和均匀性

即输入 $x_1(t)$，$x_2(t)$ 得到的输出分别为 $y_1(t)$，$y_2(t)$，$T\left[x_1(t)\right]=y_1(t)$，$T\left[x_2(t)\right]=y_2(t)$，则 $T\left[c_1x_1(t)+c_2x_2(t)\right]=c_1y_1(t)+c_2y_2(t)$（$c_1$，$c_2$ 为常数）。

线性系统是指系统的全响应可以分解为零输入响应和零状态响应，并且二者均分别具有线性性质。

本题未说明初始条件，可认为系统起始状态为零（“松弛”的），故零输入响应为零，只需判断系统的输入——输出是否满足线性。

（2）时不变性（Time-Invariblity）：是指当激励延迟一段时间 t_0 时，其响应也同样延迟 t_0，波形形状不变。

（3）因果性（Causality）：是指系统在 t_0 时刻的响应只与 $t=t_0$ 和 $t<t_0$ 的时刻有关，与未来的时刻无关。

满足因果性的系统又称为物理可实现系统。

判断因果性的方法：

① 通过时域关系式：$y(t)=T\left[x(t)\right]$ 判断是否可能有 $y(t_1)=T\left[x(t_2)\right]$，$t_1<t_2$ 的时刻出现。若有则非因果系统，否则为因果系统；

② 对于时间连续系统

$$\text{冲激响应}\quad h(t)\begin{cases}=h(t)u(t) & \text{因果系统}\\ \neq h(t)u(t) & \text{非因果系统}\end{cases}$$

③ 对于时间离散系统

$$\text{单位冲激响应}\quad h(n)\begin{cases}=h(n)u(n) & \text{因果系统}\\ \neq h(n)u(n) & \text{非因果系统}\end{cases}$$

解题过程：

（1）$r(t)=\dfrac{de(t)}{dt}$

线性：$r_1(t)=\dfrac{de_1(t)}{dt}$、$r_2(t)=\dfrac{de_2(t)}{dt}$，则 $\dfrac{d\left[c_1e_1(t)+c_2e_2(t)\right]}{dt}=c_1r_1(t)+c_2r_2(t)$

时不变：输入 $e(t-t_0)$，输出 $\dfrac{de(t-t_0)}{dt}=\dfrac{de(t-t_0)}{d(t-t_0)}=r(t-t_0)$

因果：$r(t)$ 仅与此时刻 $e(t)$ 有关

（2）$r(t)=e(t)u(t)$

线性：设 $r_1(t)=e_1(t)u(t)$、$r_2(t)=e_2(t)u(t)$，

则 $\left[c_1e_1(t)+c_2e_2(t)\right]u(t)=c_1r_1(t)+c_2r_2(t)$

时变：输入$e(t-t_0)$，输出$e(t-t_0)u(t)\neq e(t-t_0)u(t-t_0)=r(t-t_0)$

因果：$r(t)$仅与此时刻$e(t)$有关

（3）$r(t)=\sin\left[e(t)\right]u(t)$

非线性：设$r_1(t)=\sin\left[e_1(t)\right]u(t)$、$r_2(t)=\sin\left[e_2(t)\right]u(t)$，

则$\sin\left[c_1e_1(t)+c_2e_2(t)\right]u(t)\neq\sin\left[c_1e_1(t)\right]u(t)+\sin\left[c_2e_2(t)\right]u(t)$

时变：输入$e(t-t_0)$，输出$\sin\left[e(t-t_0)\right]u(t)\neq\sin\left[e(t-t_0)\right]u(t-t_0)=r(t-t_0)$

因果：$r(t)$仅与此时刻$e(t)$有关

（4）$r(t)=e(1-t)$

线性：设$r_1(t)=e_1(1-t)$、$r_2(t)=e_2(1-t)$，则$c_1e_1(1-t)+c_2e_2(1-t)=c_1r_1(t)+c_2r_2(t)$

时变：设$e_1(t)=u(t)-u(t-1.5)$，则$r_1(t)=u(t+0.5)-u(t)$

$e_2(t)=e_1(t-0.5)=u(t-0.5)-u(t-2)$，则$r_2(t)=u(t+1)-u(t-0.5)\neq r_1(t-0.5)$

非因果：取$t=0$，则$r(0)=e(1)$，即$t=0$时刻输出与$t=1$时刻输入有关。

（5）$r(t)=e(2t)$

线性：设$r_1(t)=e_1(2t)$、$r_2(t)=e_2(2t)$，则$c_1e_1(2t)+c_2e_2(2t)=c_1r_1(t)+c_2r_2(t)$

时变：设$e_1(t)=u(t)-u(t-2)$，则$r_1(t)=u(t)-u(t-1)$

$e_2(t)=e_1(t-2)=u(t-2)-u(t-4)$，则$r_2(t)=u(t-1)-u(t-2)\neq r_1(t-2)$

非因果：取$t=1$，则$r(1)=e(2)$，即$t=1$时刻输出与$t=2$时刻输入有关。

（6）$r(t)=e^2(t)$

非线性：设$r_1(t)=e_1^{\,2}(t)$、$r_2(t)=e_2^{\,2}(t)$，

则$\left[c_1e_1(t)+c_2e_2(t)\right]^2=c_1^{\,2}e_1^{\,2}(t)+c_2^{\,2}e_2^{\,2}(t)+2c_1c_2e_1(t)e_2(t)\neq c_1r_1(t)+c_2r_2(t)$

时不变：输入$e(t-t_0)$，输出$e^2(t-t_0)=r(t-t_0)$

因果：$r(t)$仅与此时刻$e(t)$有关

（7）$r(t)=\int_{-\infty}^{t} e(\tau)d\tau$

线性：设$r_1(t)=\int_{-\infty}^{t} e_1(\tau)d\tau$、$r_2(t)=\int_{-\infty}^{t} e_2(\tau)d\tau$，

则$\int_{-\infty}^{5t}\left[c_1e_1(\tau)+c_2e_2(\tau)\right]d\tau=r_1(t)=c_1\int_{-\infty}^{5t}e_1(\tau)d\tau+c_2\int_{-\infty}^{5t}e_2(\tau)d\tau=c_1r_1(t)+c_2r_2(t)$

时变：输入$e(t-t_0)$，输出$\int_{-\infty}^{5t}e(\tau-t_0)d\tau\overset{\tau-t_0=x}{=}\int_{-\infty}^{5t-t_0}e(x)dx\neq\int_{-\infty}^{5(t-t_0)}e(x)dx=r(t-t_0)$

非因果：$t=1$时，$r(1)=\int_{-\infty}^{5}e(\tau)d\tau$，$r(1)$与$(-\infty,5]$内的输入有关。

1-21 分析：一个系统可逆，当且仅当输入、输出时一一对应的关系
解题过程：

（1） 可逆。逆系统为$r(t)=e(t+5)$

（2） 不可逆。因为$r(t)=\frac{d}{dt}e(t)=\frac{d}{dt}\left[e(t)+C\right]$ C为任意常数

不满足一一对应关系。

（3） 可逆。逆系统为$r(t)=\frac{d}{dt}e(t)$

（4） 可逆。逆系统为$r(t)=e\left(\frac{1}{2}t\right)$

1-23 解题过程：
利用线性时不变系统得微分特性

因为$e_2(t)=\frac{d}{dt}e_1(t)$，所以，

$r_2(t)=\frac{d}{dt}r_1(t)=\frac{d}{dt}\left[e^{-\alpha t}u(t)\right]=-\alpha e^{-\alpha t}+e^{-\alpha t}\delta(t)=\delta(t)-\alpha e^{-\alpha t}$