



工业和信息化普通高等教育“十二五”规划教材立项项目



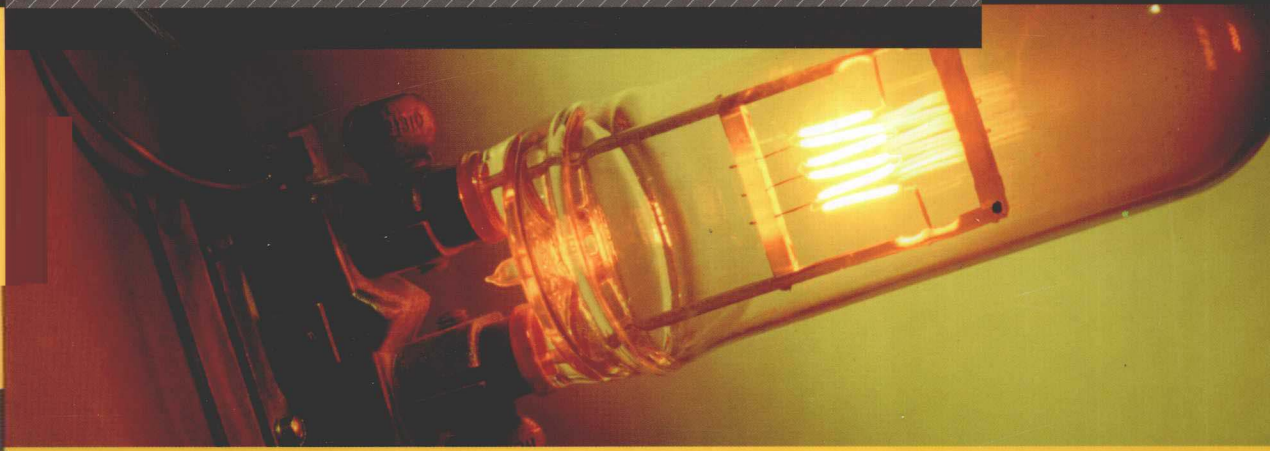
21 世纪高等院校电气工程与自动化规划教材

21 century institutions of higher learning materials of Electrical Engineering and Automation Planning

The Answer of Signals and Systems

信号与系统 习题指导

李忠民 杨素华 熊文华 张利华 主编
邓洪峰 刘百芬 副主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



工业和信息化普通高等教育“十二五”规划教材



21 世纪高等院校电气工程与自动化规

21 century institutions of higher learning materials of Electrical Engineering and Automation

The Answer of Signals and Systems

信号与系统 习题指导

李忠民 杨素华 熊文华 张利华 主编

邓洪峰 刘百芬 副主编

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

信号与系统习题指导 / 李忠民等主编. — 北京 :
人民邮电出版社, 2013.1
21世纪高等院校电气工程与自动化规划教材
ISBN 978-7-115-30416-2

I. ①信… II. ①李… III. ①信号系统—高等学校—
习题集 IV. ①TN911.6-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第021338号

内 容 提 要

本书是刘百芬、张利华主编的《信号与系统》(人民邮电出版社出版)教材的同步学习辅导书,对教材的每一道习题都给出了参考答案,习题的解法与教材内容密切结合,解题步骤完整,附图清晰齐全。

本书可作为讲授、学习“信号与系统”课程老师和学生的配套参考书,也可以作为研究生入学考试相关课程的参考书。

21 世纪高等院校电气工程与自动化规划教材

信号与系统习题指导

-
- ◆ 主 编 李忠民 杨素华 熊文华 张利华
副 主 编 邓洪峰 刘百芬
责任编辑 刘 博
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 14 2013 年 1 月第 1 版
字数: 349 千字 2013 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-30416-2

定价: 32.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前 言

“信号与系统”是信息类专业的一门重要专业基础课程，主要讲解信号与系统分析的基本理论和方法，是一门理论性和系统性很强的课程。华东交通大学刘百芳、张利华主编的《信号与系统》（人民邮电出版社出版）教材是“21 世纪高等院校电气工程与自动化规划教材”，属于工业和信息化普通高等教育“十二五”规划教材立项项目。

该教材采用连续和离散并行，先时域后变换域分析，从输入/输出描述到状态变量描述的顺序和结构。在内容上注重体现经典与现代的传承、连续与离散的类比、三种变换的逻辑联系，注重信号与系统理论和方法的具体应用，并反应信号与系统的新理论和新技术。强调基本理论、基本概念和基本方法，注重难点和重点的解释与分析。每章配有小结和丰富精炼的例题和习题，书后附有部分习题参考答案。这些习题对于初学者具有一定的难度，为配合该课程的学习，我们编写了配套的习题指导书，对教材中每一道习题都给出了详细的解答。希望本书能够帮助初学者更好地掌握信号与系统分析的基本理论和方法，并能给研究生入学考试提供帮助。

本书由李忠民、杨素华、熊文华、张利华、邓洪峰、刘百芬编写。李忠民负责第 1 章、第 7 章、第 8 章和第 9 章的编写工作，杨素华负责第 2 章、第 3 章和第 5 章的编写工作，熊文华和邓洪峰负责第 4 章、第 6 章的编写工作，张利华参与了第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 6 章和第 7 章的编写，刘百芬参与了第 1 章、第 5 章、第 8 章和第 9 章的编写。全书由邓洪峰和李忠民统稿。南昌航空大学、华东交通大学相关部门负责同志和人民邮电出版社编辑对本书的编写工作给予许多支持和帮助，在此表示衷心地感谢。

本书在编写过程中参考了国内外诸多文献资料，在此向文献资料的作者表示衷心地感谢。

限于编者水平，书中难免有不妥甚至是错误之处，敬请读者批评指正。

编 者

2012 年 12 月

目 录

第 1 章 信号与系统概论	1
第 2 章 连续时间系统的时域分析	18
第 3 章 离散时间系统的时域分析	51
第 4 章 连续时间信号与系统的频域分析	91
第 5 章 离散时间信号与系统的频域分析	128
第 6 章 连续时间信号与系统的复频域分析	136
第 7 章 离散时间信号与系统的 z 域分析	161
第 8 章 信号与系统理论的应用	190
第 9 章 系统的状态变量分析	199

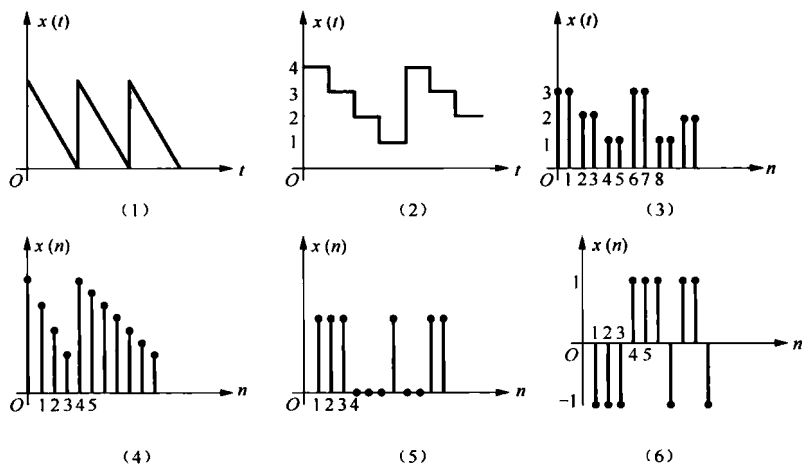
1.1 分别判断下列各函数式属于何种信号(连续时间信号、抽样信号或数字信号)?(以下各式中 n 为正整数)。

- (1) $e^{-at} \sin(\omega t)$; (2) e^{-nT} ; (3) $\cos(n\pi)$; (4) $\sin(n\omega_0)$ (ω_0 任意值); (5) $(\frac{1}{2})^n$ 。

解: 连续时间信号与离散时间信号的区别在于两者的定义域不同。连续时间信号的定义域是连续的, 离散时间信号的定义域是离散的。取值为有限个不连续点的连续时间信号是量化信号, 否则是模拟信号。离散时间信号的定义域一般是等间隔的离散点, 值域为有限个离散值的离散时间信号称为数字信号, 否则是抽样信号, 数字信号一般是对抽样信号的幅值进行量化的结果。因此:

- (1) 连续时间信号。
 (2) 离散时间信号, 抽样信号。
 (3) 离散时间信号, 数字信号。
 (4) 离散时间信号, 抽样信号。
 (5) 离散时间信号, 抽样信号。

1.2 分别判断题 1.2 图所示各波形是连续信号还是离散信号, 若是离散信号又是否是数字信号?



题 1.2 图

- 解: (1) 连续时间信号。
 (2) 连续时间信号。
 (3) 离散时间信号, 数字信号。
 (4) 离散时间信号。
 (5) 离散时间信号, 数字信号。
 (6) 离散时间信号, 数字信号。

1.3 分别求下列各周期函数的周期。

- (1) $\cos(2t) - \cos(3t)$; (2) $e^{j\omega t}$;
 (3) $[5\sin(8t)]^2$; (4) $\sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n [u(t-nT) - u(t-nT-T)]$;
 (5) $\sin(\frac{n\pi}{2})$; (6) $\sin(\frac{n\pi}{6}) + \cos(\frac{n2\pi}{5})$ 。

解: (1) $\cos(2t)$ 的周期 $T_1 = \frac{2\pi}{2} = \pi$, $\cos(3t)$ 的周期 $T_2 = \frac{2\pi}{3}$, 因为 $T_1 / T_2 = 3/2$, 因此 $\cos(2t) - \cos(3t)$ 的周期 $T = 2T_1 = 3T_2 = 2\pi$ 。

(2) $e^{j\omega t}$ 的周期 $T = \frac{2\pi}{\pi} = 2$ 。

(3) 因为 $[5\sin(8t)]^2 = \frac{25}{2}[1 - \cos(16t)]$, 则其周期 $T = \frac{2\pi}{16} = \frac{\pi}{8}$ 。

(4) n 为正整数, 在 $t < 0$ 时表达式恒为 0, 故为非周期信号; 在 $t > 0$ 时, 可看作是周期为 $2T$ 的有始周期信号。

(5) 因为 $\frac{2\pi}{\pi/2} = 4$ 为正整数, 所以 $\sin(\frac{n\pi}{2})$ 的周期为 4。

(6) $\sin(\frac{n\pi}{6})$ 的周期为 12, $\cos(\frac{n2\pi}{5})$ 的周期为 5, 则 $\sin(\frac{n\pi}{6}) + \cos(\frac{n2\pi}{5})$ 的周期是两者的最小公倍数, 即为 60。

1.4 判断下列信号是否是周期性的, 如果是周期性的, 试确定其周期。

- (1) $x(t) = 2\cos\left(3t + \frac{\pi}{4}\right)$; (2) $x(t) = \left[\sin\left(t - \frac{\pi}{6}\right)\right]^2$; (3) $x(t) = [\cos 2\pi t]u(t)$;
 (4) $x(t) = 2e^{j(t+\pi/4)}$; (5) $x(n) = \sin(\frac{3n}{4})$; (6) $x(n) = \sin^2(\frac{3\pi n}{4})$ 。

解: (1) $x(t)$ 的周期 $T = \frac{2\pi}{3}$ 。

(2) 因为 $x(t) = [\sin(t - \frac{\pi}{6})]^2 = \frac{1}{2}[1 - \cos(2t - \frac{\pi}{3})]$, 则 $x(t)$ 的周期 $T = \frac{2\pi}{2} = \pi$ 。

(3) $x(t)$ 为有始函数, 不是周期函数。

(4) $x(t)$ 的周期 $T = 2\pi$ 。

(5) 因为 $\beta = \frac{3}{4}, \frac{2\pi}{\beta} = \frac{8\pi}{3}$ 为无理数, 所以 $x(n) = \sin(\frac{3n}{4})$ 为非周期序列。

(6) 因为 $x(n) = \sin^2(\frac{3\pi n}{4}) = \frac{1}{2}[1 - \cos(\frac{3\pi n}{2})]$, 则 $\beta = \frac{3\pi}{2}, \frac{2\pi}{\beta} = \frac{4}{3}$, 所以 $x(n) = \sin^2(\frac{3\pi n}{4})$ 的

周期为 $N=4$ 。

1.5 判断下列信号是否是能量信号、功率信号或者都不是。

(1) $x(t) = e^{-at}u(t)$, $a > 0$;

(2) $x(t) = Ae^{-at} \cos(\omega t + \theta)$;

(3) $x(t) = tu(t)$;

(4) $x(t) = 2t+1$, $-1 \leq t \leq 2$;

(5) $x(n) = (\frac{4}{5})^n$, $n \geq 0$;

(6) $x(n) = e^{j\Omega n}$ 。

解: 能量有限功率为零的信号为能量信号, 功率有限能量无限的信号为功率信号。因此:

(1) $E = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T}^T |f(t)|^2 dt = \int_0^{\infty} (e^{-at})^2 dt = \int_0^{\infty} e^{-2at} dt = \frac{1}{2a}$, 即能量有限, 为能量信号。

(2) $P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T |f(t)|^2 dt$ 。将 $f(t) = Ae^{-at} \cos(\omega t + \theta)$ 代入, 且不妨令 $a > 0$, 则

$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{e^{2aT}}{4T} \left[\frac{c \cdot \sin(-2\omega T + \phi)}{4(a^2 + \omega^2)} + \frac{1}{2a} \right] A$, 式中 c 、 ϕ 均为常数。容易得出该式既不是功率信号

也不是能量信号。

(3) $P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T |f(t)|^2 dt$, 将 $f(t) = tu(t)$ 代入, $P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_0^T t^2 dt = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{T^2}{6} = \infty$, 该式

既不是功率信号也不是能量信号。

(4) 能量信号。

(5) 能量信号。

(6) 功率信号。

1.6 绘出下列各信号的波形。

(1) $[u(t) - u(t-T)] \sin(\frac{4\pi}{T}t)$;

(2) $[u(t) - 2u(t-T) + u(t-2T)] \sin(\frac{4\pi}{T}t)$;

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

(4) $e^{-t} \cos(10\pi t)[u(t-1) - u(t-2)]$;

(5) $te^{-t}u(t)$;

(6) $e^{-(t-1)}[u(t-1) - u(t-2)]$;

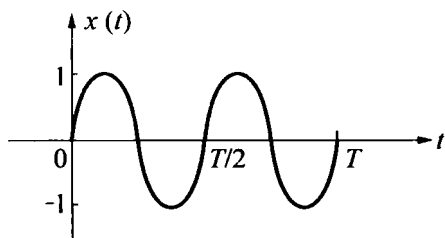
(7) $tu(t-1)$;

(8) $(t-1)u(t-1)$;

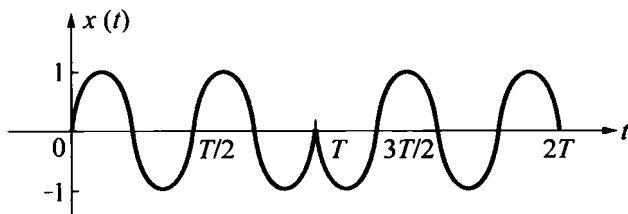
(9) $\frac{\sin[a(t-t_0)]}{a(t-t_0)}$;

(10) $\frac{d}{dt}[e^{-t} \sin tu(t)]$ 。

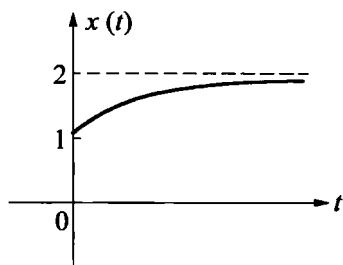
解: 各信号的波形如下:



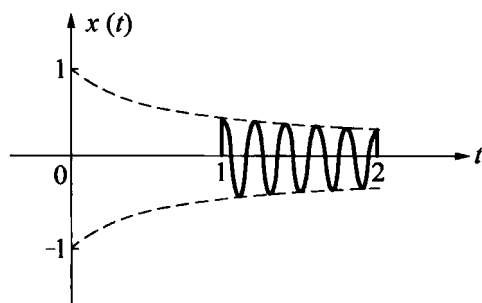
(1)



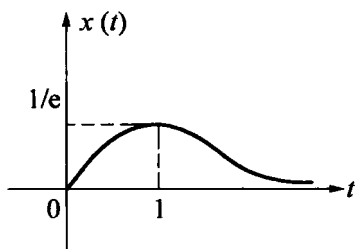
(2)



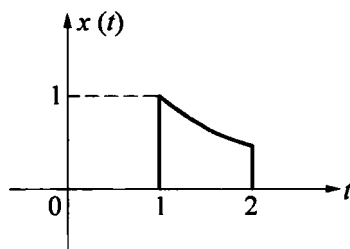
(3)



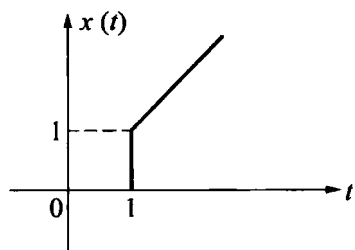
(4)



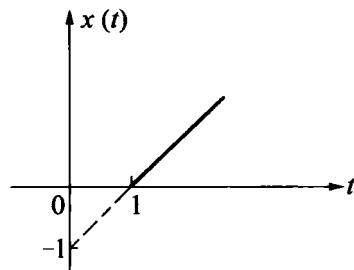
(5)



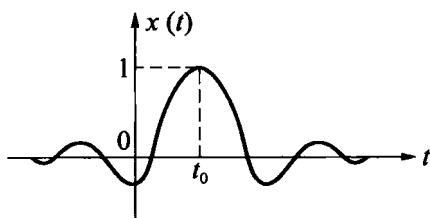
(6)



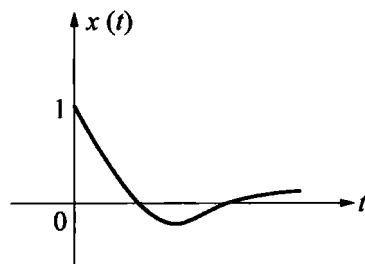
(7)



(8)



(9)



(10)

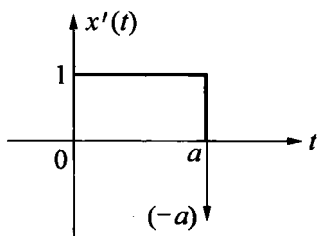
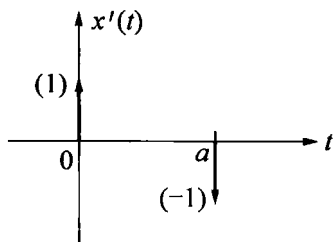
1.7 求下列信号的一阶导数，并画出波形。

(1) $x(t) = u(t) - u(t-a)$, $a > 0$;

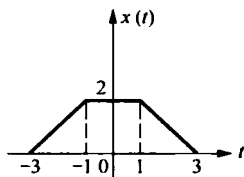
(2) $x(t) = t[u(t) - u(t-a)]$, $a > 0$ 。

解：(1) $x'(t) = \delta(t) - \delta(t-a)$, $a > 0$, 波形如下：

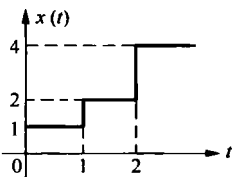
(2) $x'(t) = [u(t) - u(t-a)] - a\delta(t-a)$, $a > 0$, 波形如下：



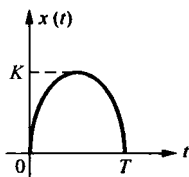
1.8 用阶跃函数写出如题 1.8 图各波形的函数表达式。



(a)



(b)



(c)

题 1.8 图

解: (1) $x(t) = (-t+3)[u(t+3)-u(t+1)] + 2[u(t+1)-u(t-1)] + (-t+3)[u(t-1)-u(t-3)]$
 $= (t+3)u(t+3) + (-t-1)u(t+1) + (-t+1)u(t-1) + (t-3)u(t-3)$

(2) $x(t) = [u(t) - u(t-1)] + 2[u(t-1) - u(t-2)] + 4u(t-2) = u(t) + u(t-1) + 2u(t-2)$

(3) $x(t) = K \sin\left(\frac{\pi}{T}t\right)[u(t) - u(t-T)]$

1.9 绘出下列各序列的波形。

(1) $x(n) = \left(\frac{1}{2}\right)^n u(n)$;

(2) $x(n) = 2^n u(n)$;

(3) $x(n) = 2^{n-1} u(n-1)$;

(4) $x(n) = (-2)^n u(n)$;

(5) $x(n) = nu(n)$;

(6) $x(n) = -nu(-n)$;

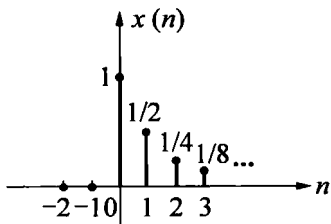
(7) $x(n) = 2^{-n} u(-n-1)$;

(8) $x(n) = \sin\frac{n\pi}{5}$;

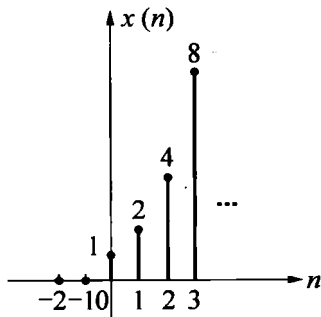
(9) $x(n) = \left(\frac{5}{6}\right)^n \sin\frac{n\pi}{5}$;

(10) $x(n) = \left(\frac{3}{2}\right)^n \sin\frac{n\pi}{5}$ 。

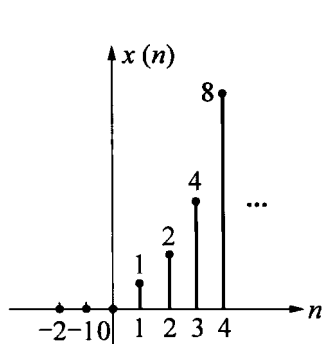
解: 各序列的波形如下:



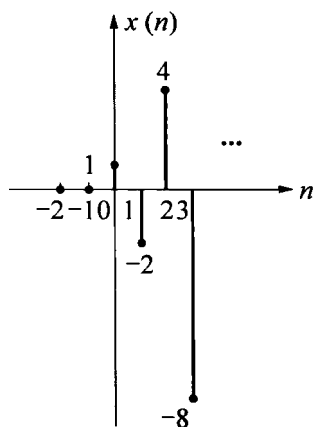
(1)



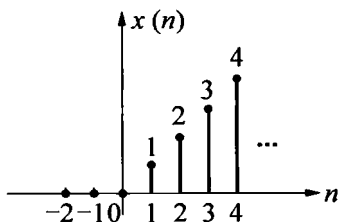
(2)



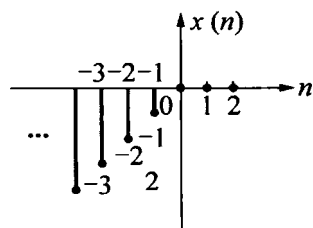
(3)



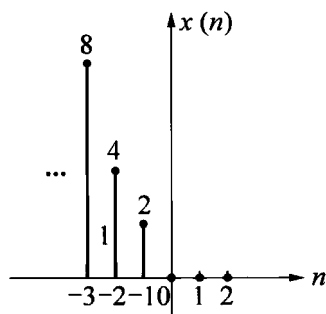
(4)



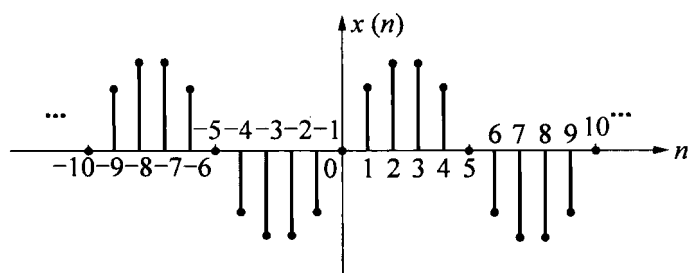
(5)



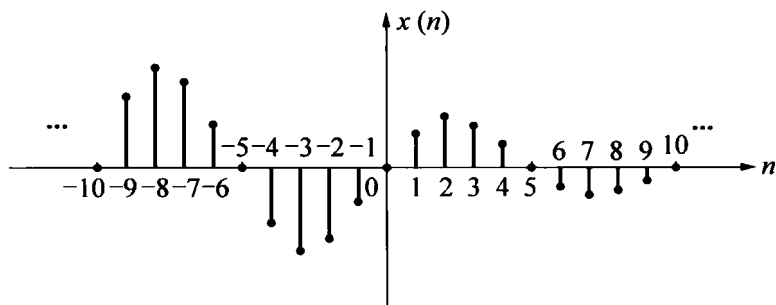
(6)



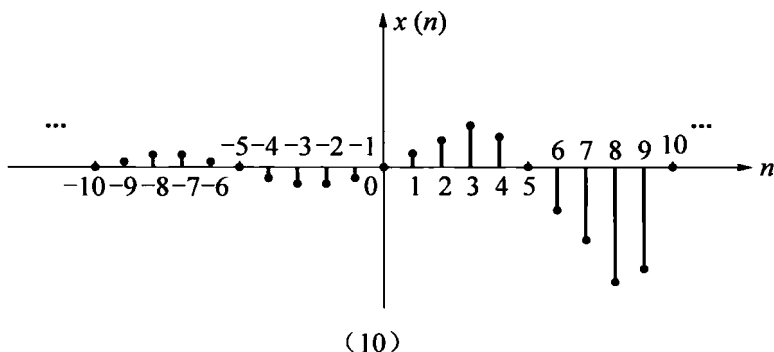
(7)



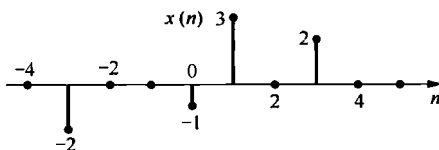
(8)



(9)



1.10 序列 $x(n]$ 如题 1.10 图所示, 把 $x(n]$ 表示为 $\delta(n]$ 及其延迟之线性组合, 并用列表法表示。



题 1.10 图

解: $x(n) = -2\delta(n+3) - \delta(n) + 3\delta(n-1) + 2\delta(n-3)$

用列表法表示为

$$x(n) = \{-2, 0, 0, -1, 3, 0, 2\}$$

$\uparrow$
 $n = 0$

1.11 试画出下列离散时间信号的波形, 写出用 $\delta(n]$ 或 $u(n]$ 来表示的表达式。

(1) $u(n+1)u(-n+3)$;

(2) $u(-n+1) - u(-n+3)$;

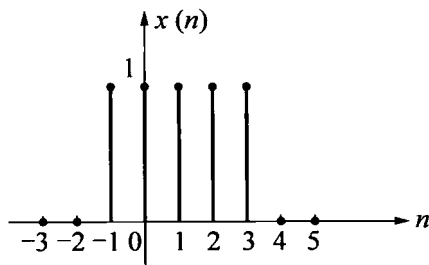
(3) $-2\delta(n) + u(n)$;

(4) $1 - 2\delta(n-1)$ 。

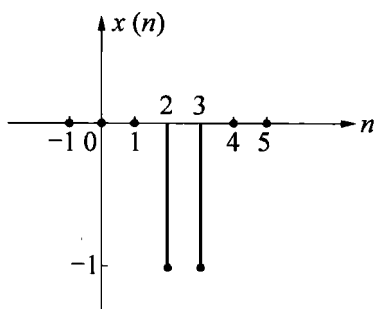
解: (1) $x(n) = u(n+1)u(-n+3)$

$$= \delta(n+1) + \delta(n) + \delta(n-1) + \delta(n-2) + \delta(n-3)$$

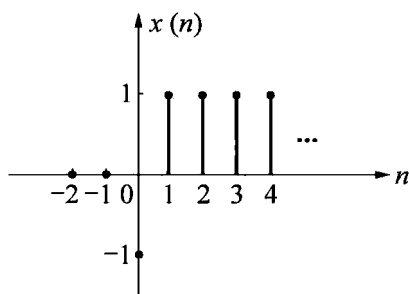
$$= u(n+1) - u(n-4)$$



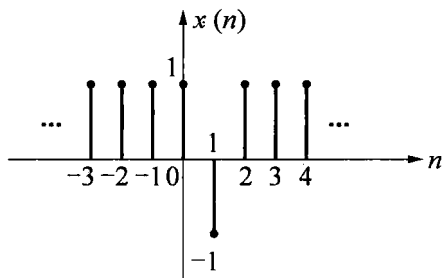
(2) $x(n) = u(-n+1) - u(-n+3) = -\delta(n-2) - \delta(n-3)$



$$(3) \quad x(n) = -2\delta(n) + u(n)$$



$$(4) \quad x(n) = 1 - 2\delta(n-1) = u(-n) - \delta(n-1) + u(n-2)$$

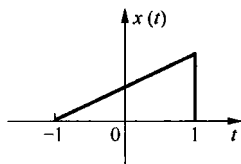


1.12 已知信号 $x(t)$ 的波形如题 1.12 图所示, 试画出下列各信号的波形。

$$(1) \quad x(2t-3);$$

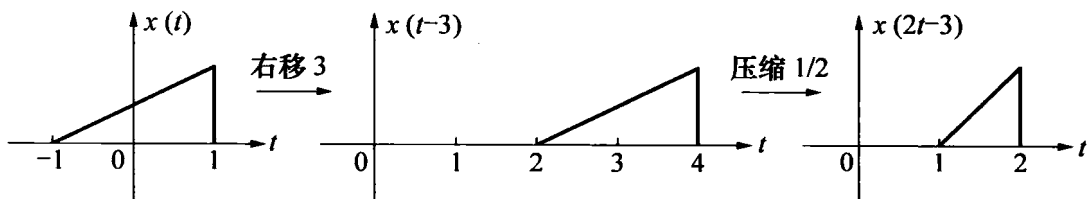
$$(2) \quad x(-2-t)u(-t);$$

$$(3) \quad x(2-t)u(2-t)。$$

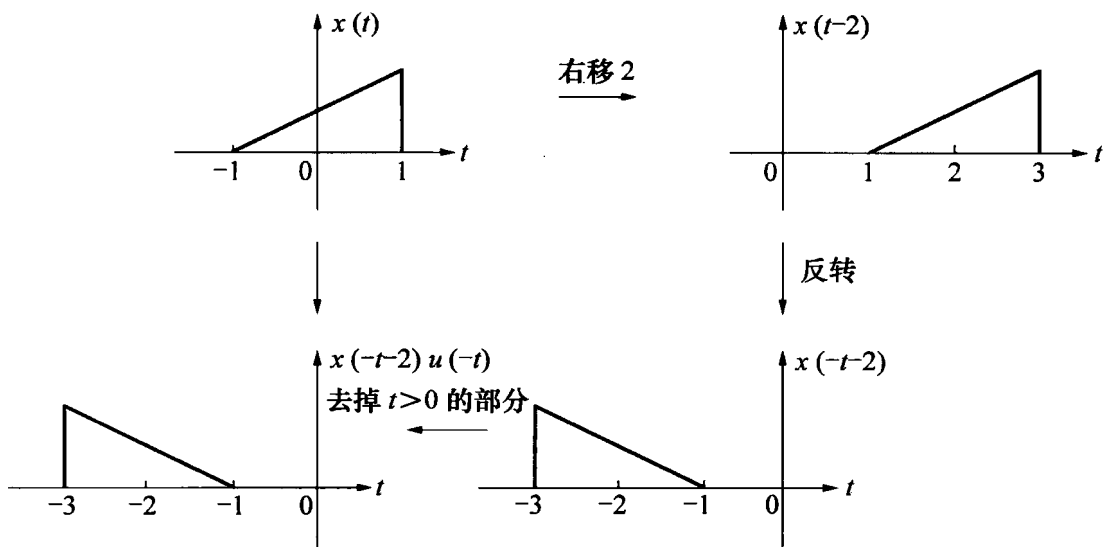


题 1.12 图

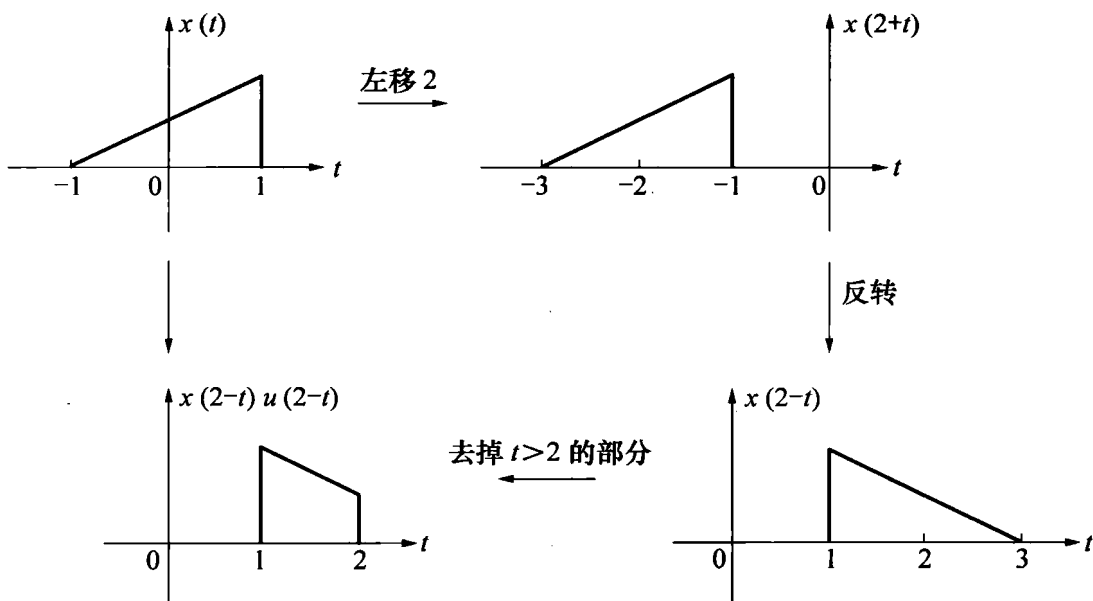
解: (1) 波形变换过程为 $x(t) \rightarrow x(t-3) \rightarrow x(2t-3)$, 如下图所示:



(2) 波形变换过程为 $x(t) \rightarrow x(t-2) \rightarrow x(-t-2) \rightarrow x(-t-2)u(-t)$ ，如下图所示：

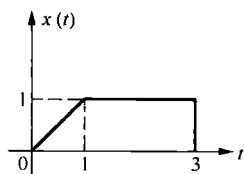


(3) 波形变换过程为 $x(t) \rightarrow x(2+t) \rightarrow x(2-t) \rightarrow x(2-t)u(2-t)$ ，如下图所示：



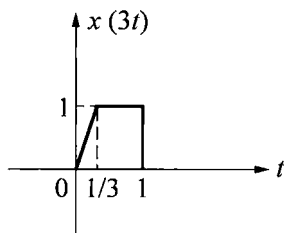
1.13 已知 $x(t)$ 的波形如题 1.13 图所示, 试画出下列函数的波形图。

- (1) $x(3t)$;
- (2) $x(t/3)u(3-t)$;
- (3) $\frac{dx(t)}{dt}$;
- (4) $\int_{-\infty}^t x(\tau) d\tau$ 。

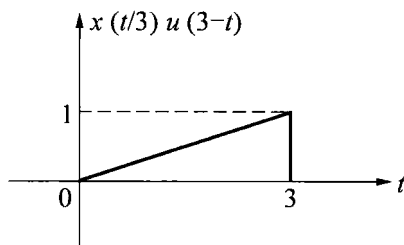


题 1.13 图

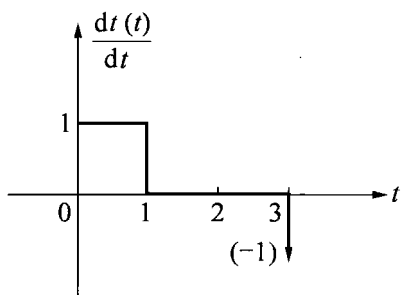
解: 各函数的波形图如下:



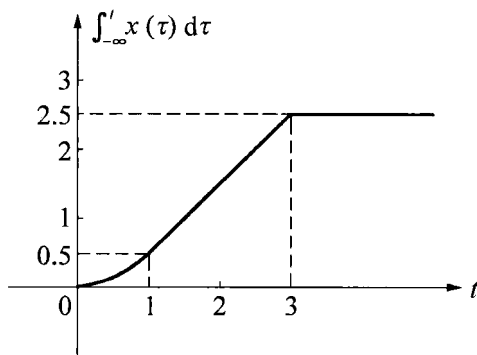
(1)



(2)



(3)



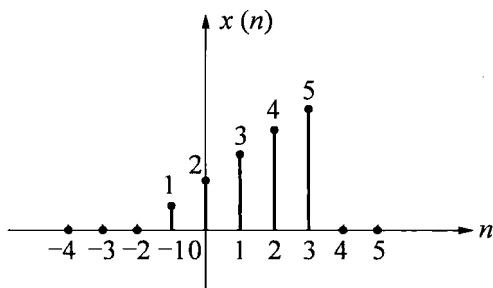
(4)

1.14 设有序列

$$x(n) = \begin{cases} 0, & n < -2 \\ n+2, & -2 \leq n \leq 3 \\ 0, & n > 3 \end{cases}$$

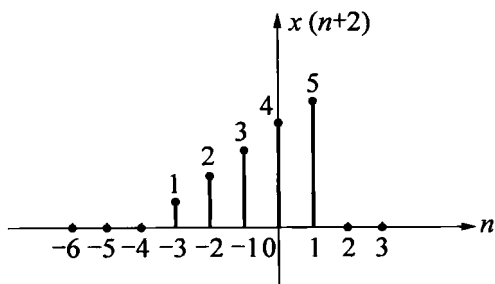
画出下面各序列的波形:

- (1) $x(n+2)$;
- (2) $x(n-2)$;
- (3) $x(1-n)$;
- (4) $x(n+2) + x(n-2)$;
- (5) $x(1-n) + x(1+n)$;
- (6) $x(n)x(1-n)$ 。

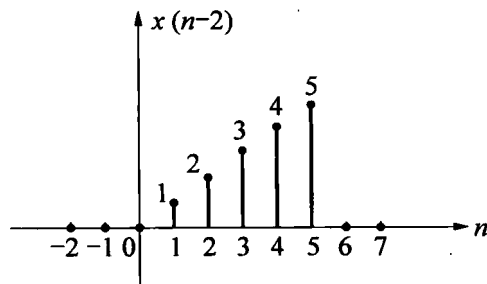


解: $x(n)$ 的波形如右:

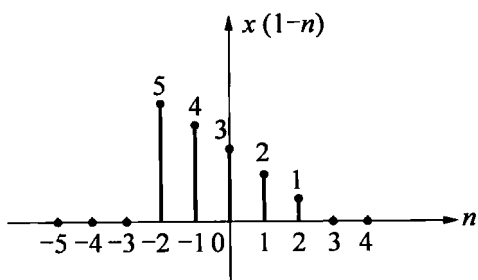
各序列的波形如下:



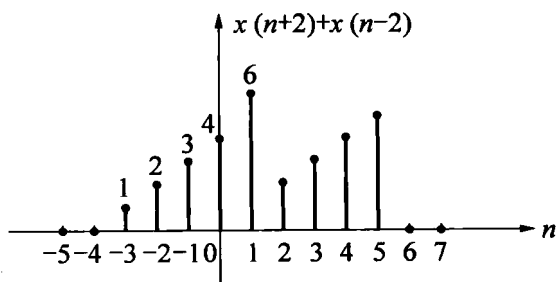
(1)



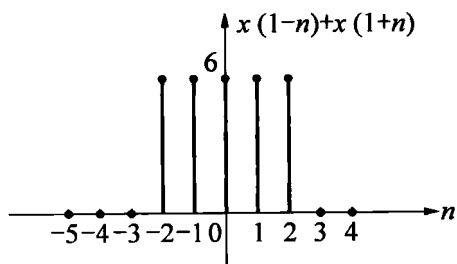
(2)



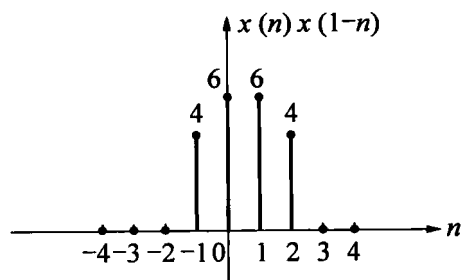
(3)



(4)



(5)



(6)

1.15 离散时间信号 $x[n]$ 的波形如题 1.15 图所示, 试画出下列信号的波形。

(1) $x[n+1]+x[n-1]$;

(2) $x[n-2]$;

(3) $x[2n+1]-x[\frac{1}{2}n-1]$;

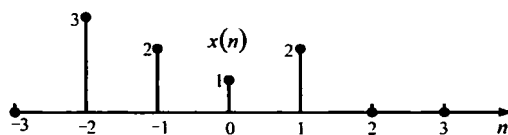
(4) $x[n+1]x[n-1]$;

(5) $x[n][u[n-1]-u[n-2]]+x[n]$;

(6) $x[-n-1]u[n]$;

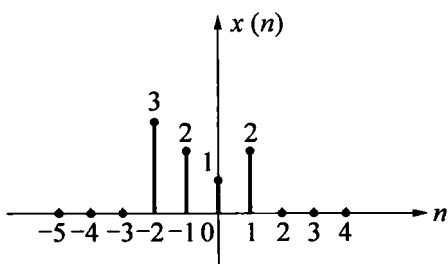
(7) $x[-n-1]\delta[n]$;

(8) $x[-n-1]u[-n+1]$ 。

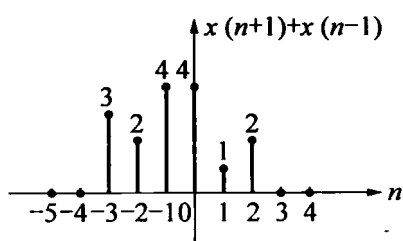


题 1.15 图

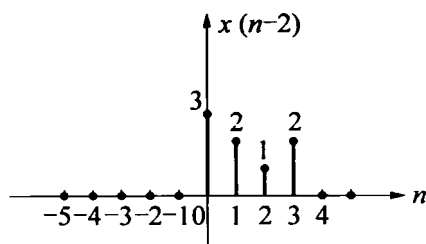
解: $x(n)$ 的波形如下:



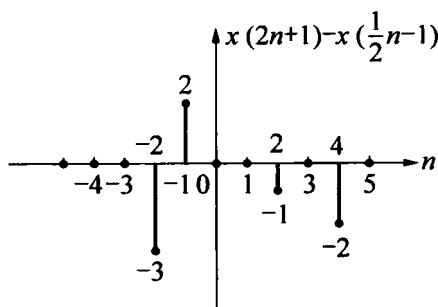
各序列的波形如下:



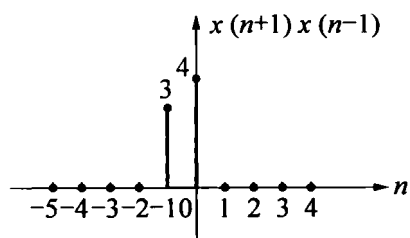
(1)



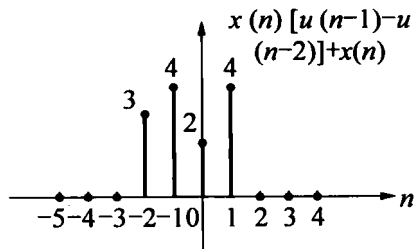
(2)



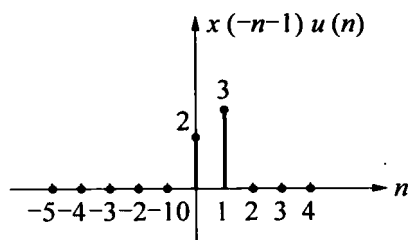
(3)



(4)



(5)



(6)