

云南民族大学十二五规划教材资助

基础角度入手

详解考研要点

信号与系统

习题解析与考研辅导

王嘉梅 吴庆畅 文永华 高雅莉 编著

Signals and Systems

技术讲解 · 实例教学 · 习题操练

- ◎ 最基础角度入手，详解考研要点
- ◎ 典型真题实例，紧扣考纲透彻深入剖析
- ◎ 集中提炼要点精华，贴心提示误区失分点
- ◎ 揭秘考题绝招，指点思路技巧易错点



国防工业出版社

National Defense Industry Press

云南民族大学十二五规划教材资助

信号与系统习题解析 与考研辅导

王嘉梅 吴庆畅 文永华 高雅莉 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书是与高等院校电子、通信、电气信息类本科生讲授的“信号与系统”课程相配套的一本立体化教学辅导书及题库,是我们多年讲授“信号与系统”这门课程的一些经验积累以及精品课程建设的一部分成果。本书分为两篇,第一篇为教学内容,第二篇为试题库。第一篇针对信号系统(吴大正主编,高等教育出版社)教学中所讲述的七章内容,对每章都编写了“教学目标”“教学知识点”“习题解答”三部分,这三部分不但对任课教师有参考价值,而且对学生学习本课程也有指导作用。“习题解答”可以帮助学生深化对基本概念的理解,提高分析问题的能力。第二篇分考研练习与试题库两部分,考研练习为部分高校近年来硕士研究生入学考试试题,并给出了参考答案。试题库是我们在多年教学积累的基础上设计出来的,是由云南民族大学、云南大学、昆明理工大学和云南师范大学四院校教师联合出题形成的一套试题库。其内容分简答题、填空题、单选题和综合分析题四个部分。

本书可作为高等学校电气信息类各专业的教师和学生学习“信号与系统”课程的教学参考书及学习指导书,也可作为“信号与系统”课程研究生入学考试的辅导材料。

图书在版编目(CIP)数据

信号与系统习题解析与考研辅导/王嘉梅等编著. —国防工业出版社, 2015. 4
ISBN 978-7-118-09138-0

I. ①信... II. ①王... III. ①信号系统—研究生—入学考试—自学参考资料 IV. ①TN911.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 028156 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 24 $\frac{1}{4}$ 字数 608 千字

2015 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 48.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

前 言

近年来,“信号与系统”课程作为电气信息类各专业本科生的一门重要专业基础课,在很多院校开设已越来越普及,边疆民族地区高校也不例外,有些院校还将其列为精品课程。但目前国内该门课程的教学辅导书尤其是适合边疆民族地区院校的教学辅导书比较少。本书是针对我们多年来讲授“信号与系统”课程以及近年在我校“信号与系统”精品课程建设基础上编写的一本教学辅导书。

本书第一篇中从第一章到第七章每章中的第一节、第二节的内容由王嘉梅编写;第一篇中从第三章到第七章每章中的第三节内容由吴庆畅编写;1.3节、2.3节的内容由高雅莉和文永华分别编写;第二篇中的8.1.1~8.1.8节由文永进教授编写;8.2.1节简答题由王嘉梅教授编写;8.2.2节填空题由梁虹教授编写;8.2.3节单选题由余建群教授编写;8.2.4节综合分析题由梁虹教授、陈跃斌教授、余建群教授、王嘉梅教授联合编写;试题库的输入部分由高飞教授完成;尹世堂教授单独完成了本试题的抽题软件;丰继华博士参加编写了考研模拟试题。

本书也是一本多层面、多视觉的立体化辅导教材,内容包括纸介质用书(教学知识内容、习题解答、试题库)和多媒体资源。此外该书还开发了相关教学课程视频录像、网络学习资源,可在云南民族大学质量工程网下载。

感谢吴大正教授、张永瑞教授多年来给予我们的无私帮助和支持。感谢高飞教授对试题库部分的录入工作。感谢多年来支持帮助我们的云南民族大学学校领导,感谢云南民族大学教务处等各相关职能部门的领导和老师,感谢多年来支持帮助我们的王杰教授、陈跃斌教授、高飞教授、尹世堂教授、凌永发教授以及所有的课题组成员。

本书的出版得到了2013年国家自然科学基金(61363085)、2013年云南省教育厅科学研究基金重大专项项目(ZD2013013)、云南民族大学高水平建设科研项目、2014年云南省东南亚南亚西亚研究中心招标课题一般项目(DY2014YB01)、2013年国家语委科研委托项目等基金项目、云南省高校少数民族语言文字信息化处理工程研究中心的支持,特此感谢。

由于编者水平有限及时间紧迫,书中肯定存在不足或错误,恳请广大读者批评赐教。

目 录

第一篇 教学内容篇

第一章 信号与系统	1
1.1 教学目标	1
1.2 教学知识点	1
1.3 习题解答	4
第二章 连续系统的时域分析	33
2.1 教学目标	33
2.2 教学知识点	33
2.3 习题解答	35
第三章 离散系统的时域分析	71
3.1 教学目标	71
3.2 教学知识点	71
3.3 习题解答	73
第四章 连续系统的频域分析	106
4.1 教学目标	106
4.2 教学知识点	106
4.3 习题解答	110
第五章 连续系统 s 域分析	162
5.1 教学目标	162
5.2 教学知识点	162
5.3 习题解答	163
第六章 离散系统的 Z 域分析	213
6.1 教学目标	213
6.2 教学知识点	213
6.3 习题解答	214
第七章 系统函数	261
7.1 教学目标	261
7.2 教学知识点	261
7.3 习题解答	262

第二篇 试题库篇

第八章 试题库	306
8.1 考研模拟试题	306
8.1.1 考研模拟 A 卷	306
8.1.2 考研模拟 A 卷参考答案	309
8.1.3 考研模拟 B 卷	311
8.1.4 考研模拟 B 卷参考答案	314
8.1.5 考研模拟 C 卷	317
8.1.6 考研模拟 C 卷参考答案	318
8.1.7 考研模拟 D 卷	321
8.1.8 考研模拟 D 卷参考答案	324
8.2 试题库	329
8.2.1 简答题	330
8.2.2 填空题	345
8.2.3 单选题	355
8.2.4 综合分析题	364
参考文献	380

第一篇 教学内容篇

第一章 信号与系统

1.1 教学目标

- (1) 掌握信号的基本描述方法、分类及其基本运算。
- (2) 掌握系统的基本概念和描述方法,掌握线性时不变系统的概念。
- (3) 掌握冲激信号和阶跃信号的物理意义及其性质。

1.2 教学知识点

一、信号的定义

信号是载有信息的随时间变化的物理量或物理现象,其图像称为信号的波形。本课程主要讨论电信号,即随时间变化的电压或电流。

二、信号的分类

可以从多种角度来观察、分析研究信号的特征,提出对信号进行分类的方法。常用的有连续时间信号与离散时间信号分类;确知信号与随机信号分类;周期信号与非周期信号分类;能量信号与功率信号分类等。

1. 连续时间信号与离散时间信号

在连续时间范围内有定义的信号称为连续时间信号,简称连续信号。连续信号可用函数式或波形表示。

只在一些离散时间点上有定义的信号称为离散时间信号,简称离散信号,也常称为序列。离散信号可用函数式、波形或数字序列表示。

2. 确知信号和随机信号

若信号能被表示为确定的时间函数,对于任意的时间均可确定其相应的函数值,这种信号称为确知信号。

若信号不能用确切的函数描述,它在任意时刻的取值都具有不确定性,只可能知道它的统计特性,如在某时刻取某一数值的概率,这类信号称为随机信号。电子系统中的起伏热噪声、雷电干扰信号就是典型的随机信号。

3. 周期信号与非周期信号

一个连续信号 $f(t)$, 若对所有 t 均满足

$$f(t) = f(t + mT), m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

则称 $f(t)$ 为连续周期信号, 满足上式的最小的 T 值称为 $f(t)$ 的周期。

一个离散 $f(k)$ 序列, 若对所有 k 均满足

$$f(k) = f(k + mN), m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

则 $f(k)$ 称为周期序列, 满足上式的最小整数 N 值称为 $f(k)$ 的周期。

不具有周期性的信号称为非周期信号。

4. 能量信号与功率信号

将信号 $f(t)$ 施加于 1Ω 电阻上, 它所消耗的能量 $E = \int_{-\infty}^{+\infty} |f(t)|^2 dt$, 它所消耗的功率 $P =$

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} |f(t)|^2 dt, \text{ 分别定义为该信号的能量、功率。}$$

如果信号 $f(t)$ 的能量 E 满足 $0 < E < \infty$ (此时信号功率 $P = 0$), 则称 $f(t)$ 为能量有限信号, 简称能量信号。任何时限有界信号都属于能量信号。

如果信号 $f(t)$ 的功率 P 满足 $0 < P < \infty$ (此时信号能量 $E = \infty$), 则称 $f(t)$ 为功率有限信号, 简称功率信号。任何有界信号均属于功率信号。相应地, 对于离散时间信号, 也有能量信号、功率信号之分。

满足 $E = \sum_{k=-\infty}^{\infty} |f(k)|^2 < \infty$ 的离散信号, 称为能量信号。

满足 $P = \lim_{N \rightarrow \infty} \sum_{k=-N/2}^{N/2} |f(k)|^2 < \infty$ 的离散信号, 称为功率信号。

三、两个基本信号及其性质

单位阶跃信号 $\varepsilon(t)$ 、单位冲击信号 $\delta(t)$ 是连续信号中两个最基本的信号; 单位阶跃序列 $\varepsilon(k)$ 、单位样值序列 $\delta(k)$ 是离散信号中两个最基本的信号。

1. 定义

单位阶跃信号 $\varepsilon(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ \frac{1}{2}, & t = 0 \\ 1, & t > 0 \end{cases}$, 单位冲击信号 $\delta(t)$ 满足 $\begin{cases} \delta(t) = 0, & t \neq 0 \\ \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1 \end{cases}$, 单位阶跃序列

$$\varepsilon(k) = \begin{cases} 0, & k < 0 \\ 1, & k \geq 0 \end{cases}, \text{ 单位样值序列 } \delta(k) = \begin{cases} 0, & k \neq 0 \\ 1, & k = 0 \end{cases}.$$

2. 性质(略, 参见教材)

四、信号的运算

1. 信号的自变量变换

信号的自变量变换是指信号在时间域里进行移位、反转、尺度变换以及三者的结合变换。

2. 信号的时域运算

连续信号的常用时域运算有加、减、乘、微分、积分等; 离散信号的常用时域运算有加、减、乘、差分、求和等。注意:

(1) 对有第一类间断点的函数进行微分运算时, 在间断点处将出现冲激函数。

(2) 信号的时域运算中,连续信号是对自变量的微分、积分运算,离散信号是差分、求和运算。

五、系统的定义

若干相互作用、相互联系的事物按一定规律组成具有特定功能的整体称为系统,这是系统的广义定义。对电信号而言,系统可看做是对信号进行存储、转换、传输和处理的物理装置。

六、系统的特点与分类

可以从多种角度来观察分析系统的特性,提出对系统进行分类的方法。一种常用的分类是按系统输入的信号与系统输出的信号是连续信号还是离散信号来分类。

连续时间系统:输入、输出信号都是连续信号。

离散时间系统:输入、输出信号都是离散信号。

混合系统:输入信号是连续信号,输出信号是离散信号,或反之。

连续信号或离散信号,按系统特性常又可细分为不同类型。

1. 线性系统与非线性系统

若系统满足下列线性性质:

(1) 可分解性(全响应 $y(\cdot)$ 可分解为零输入响应 $y_{zi}(\cdot)$ 与零状态响应 $y_{zs}(\cdot)$ 之和),即

$$y(\cdot) = y_{zi}(\cdot) + y_{zs}(\cdot)$$

(2) 齐次性(含零输入响应齐次性和零状态响应齐次性),即

$$\{ax(0) \rightarrow ay_{zi}(\cdot)\}, af(\cdot) \rightarrow ay_{zs}(\cdot)$$

(3) 叠加性(含零输入响应叠加性和零状态响应叠加性),即

$$x_1(0) + x_2(0) \rightarrow [y_{zi1}(\cdot) + y_{zi2}(\cdot)], f_1(\cdot) + f_2(\cdot) \rightarrow [y_{zs1}(\cdot) + y_{zs2}(\cdot)]$$

则称该系统为线性系统。或者说,凡具有可分解性、零输入线性和零状态线性的系统为线性系统。线性系统的三个条件缺一不可,否则,就是非线性系统。

2. 时不变系统和时变系统

若系统满足输入延迟多少时间,其零状态响应也延迟多少时间,即

$$f(t - t_0) \rightarrow y_{zs}(t - t_0) \text{ (连续系统)}$$

$$f(k - k_0) \rightarrow y_{zs}(k - k_0) \text{ (离散系统)}$$

则称该系统具有时不变性。具有时不变性的系统称为时不变系统,否则称为时变系统。

3. 因果系统与非因果系统

因果系统是指当且仅当输入信号激励系统时,才会出现零状态输出的系统。具体地,因果系统的输出不会出现在输入之前,即因果系统满足下列因果性:

对连续系统,若当 $t < t_0$ 时激励 $f(t) = 0$,则当 $t < t_0$ 时零状态响应 $y_{zs}(t) = 0$ 。对离散系统,若当 $k < k_0$ 时激励 $f(k) = 0$,则当 $k < k_0$ 时零状态响应 $y_{zs}(k) = 0$ 。不满足因果性的系统称为非因果系统。

4. 稳定系统与不稳定系统

如果系统的输入有界,输出也有界,即若 $|f(\cdot)| < \infty$, $|y_{zs}(\cdot)| < \infty$,则该系统称为有界输入有界输出(BIBO)稳定系统,否则称为不稳定系统。

5. 记忆系统与非记忆系统

如果系统的输出不仅与当前时刻的输入有关,而且还与过去的或将来的输入有关,该系统就称为记忆系统。如果系统的输出只与当前系统时刻的输入有关,则该系统就称为无记忆系统。

注意:若系统既满足线性性质,又满足时不变性质,则称该系统为线性时不变系统,简称为 LTI 系统。LTI 系统满足微分性和积分性,即若 $f(t) \rightarrow y_{zs}(t)$, 则 $\frac{df(t)}{dt} \rightarrow \frac{dy_{zs}(t)}{dt}$; $\int_{-\infty}^t f(\tau) d\tau \rightarrow \int_{-\infty}^t y_{zs}(\tau) d\tau$ 。

1.3 习题解答

1. 画出下列各信号的波形(式中 $r(t) = t\varepsilon(t)$ 为斜升函数)。

(1) $f(t) = (2 - 3e^{-t})\varepsilon(t)$

解:该信号波形如图 1.1 所示。

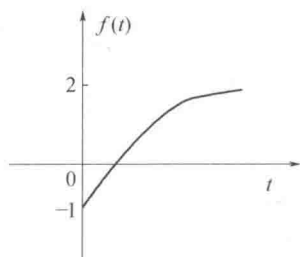


图 1.1

(2) $f(t) = e^{-|t|}, -\infty < t < \infty$

解:该信号波形如图 1.2 所示。

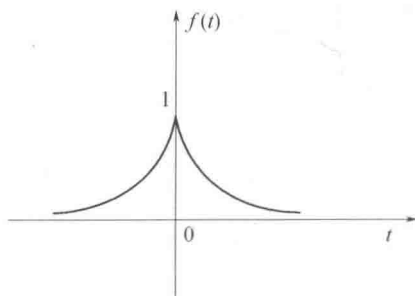


图 1.2

(3) $f(t) = \sin(\pi t) \cdot \varepsilon(t)$

解:该信号波形如图 1.3 所示。

(4) $f(t) = \varepsilon(\sin t)$

解:该信号如图 1.4 所示。

(5) $f(t) = r(\sin t)$

解:该信号波形如图 1.5 所示。

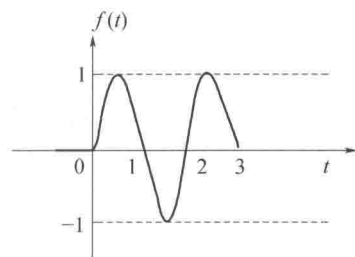


图 1.3

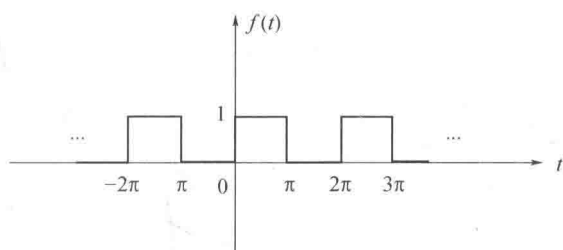


图 1.4

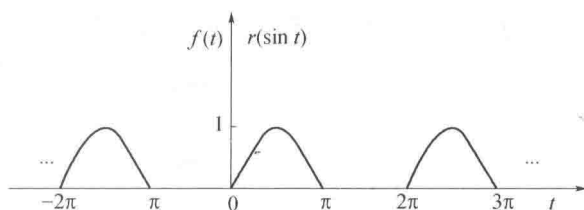


图 1.5

$$(6) f(k) = \begin{cases} 2^k, & k < 0 \\ \left(\frac{1}{2}\right)^k, & k \geq 0 \end{cases}$$

解:该信号波形如图 1.6 所示。

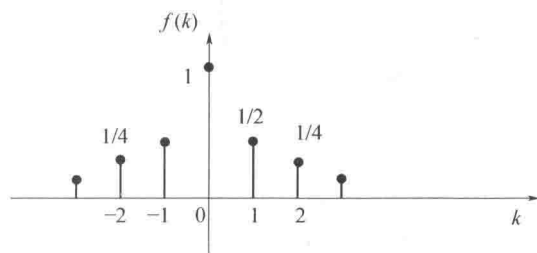


图 1.6

$$(7) f(t) = (-2)^{-k} \varepsilon(k)$$

解:该信号波形如图 1.7 所示。

$$(8) f(k) = (k+1) \varepsilon(k)$$

解:该信号波形如图 1.8 所示。

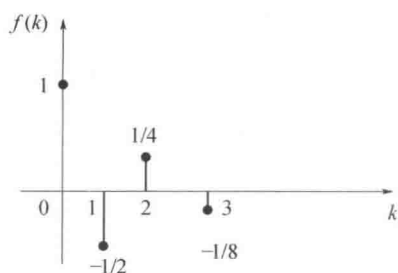


图 1.7

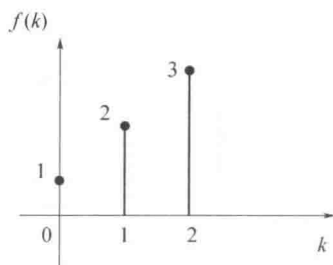


图 1.8

(9) $f(k) = \sin\left(\frac{k\pi}{4}\right) \varepsilon(k)$

解:该信号波形如图 1.9 所示。

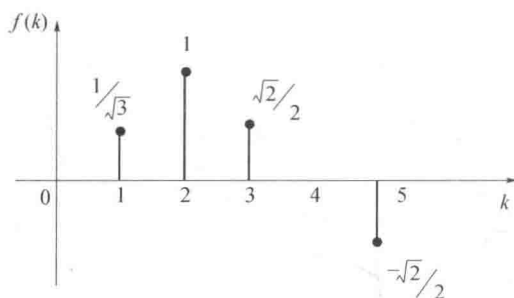


图 1.9

(10) $f(k) = [1 + (-1)^k] \varepsilon(k)$

解:该信号波形如图 1.10 所示。

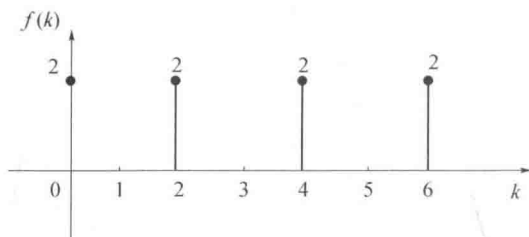


图 1.10

2. 画出下列各信号的波形(式中 $r(t) = t\varepsilon(t)$ 为斜升函数)。

$$(1) f(t) = 2\varepsilon(t+1) - 3\varepsilon(t-1) + \varepsilon(t-2)$$

解:该信号波形如图 1.11 所示。

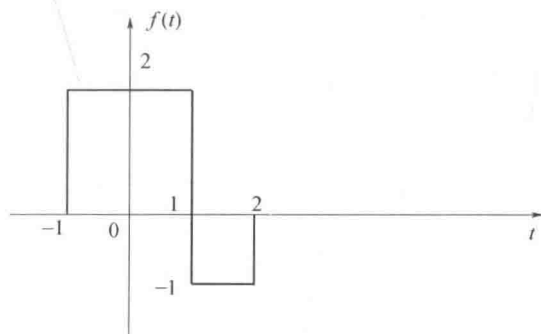


图 1.11

$$(2) f(t) = r(t) - 2r(t-1) + r(t-2)$$

$$\text{解: } f(t) = t\varepsilon(t) - 2(t-1)\varepsilon(t-1) + (t-2)\varepsilon(t-2)$$

$$= \begin{cases} t, & 0 < t \leq 1 \\ 2-t, & 1 < t \leq 2 \\ 0, & 2 < t \end{cases}$$

该信号波形如图 1.12 所示。

$$(3) f(t) = \varepsilon(t)\gamma(2-t)$$

$$\text{解: } f(t) = \varepsilon(t)(2-t)\varepsilon(2-t)$$

$$= (2-t)\varepsilon(t)\varepsilon(2-t)$$

$$= \begin{cases} 2-t, & 0 < t \leq 2 \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

该信号波形如图 1.13 所示。

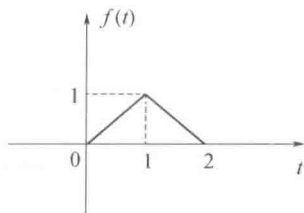


图 1.12

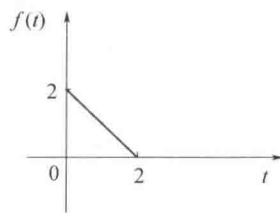


图 1.13

$$(4) f(t) = r(t)\varepsilon(2-t)$$

$$\text{解: } f(t) = t\varepsilon(t)\varepsilon(2-t)$$

$$= \begin{cases} t, & 0 < t \leq 2 \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

图略。

$$(5) f(t) = r(2t)\varepsilon(2-t)$$

$$\text{解: } f(t) = 2t\varepsilon(2t)\varepsilon(2-t)$$

$$= \begin{cases} 2t, & 0 < t < 2 \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

该信号波形如图 1.14 所示。

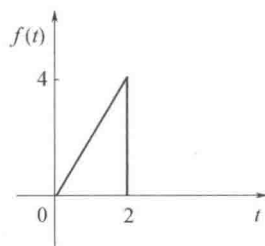


图 1.14

$$(6) f(t) = \sin(\pi t) [\varepsilon(t) - \varepsilon(t-1)]$$

解: $f(t) = \sin(\pi t) [\varepsilon(t) - \varepsilon(t-1)]$

该信号波形如图 1.15 所示。

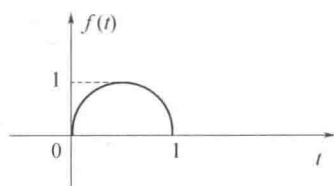


图 1.15

$$(7) f(t) = \sin[\pi(t-1)] [\varepsilon(t) - \varepsilon(t-1)]$$

解: 该信号波形如图 1.16 所示。

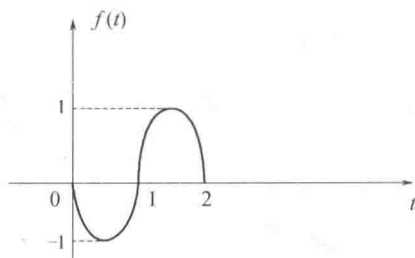


图 1.16

$$(8) f(k) = k [\varepsilon(k) - \varepsilon(k-5)]$$

解: 该信号波形如图 1.17 所示。

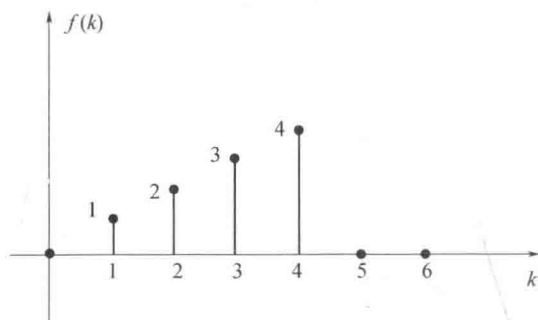


图 1.17

(9) $f(k) = 2^{-k} \varepsilon(k)$

解:该信号波形如图 1.18 所示。

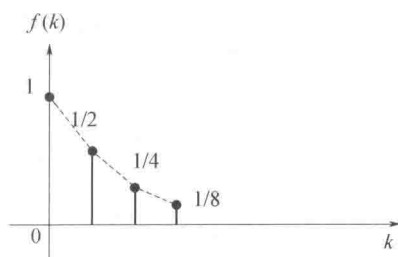


图 1.18

(10) $f(k) = 2^{-(k-2)} \varepsilon(k-2)$

解:该信号波形如图 1.19 所示。

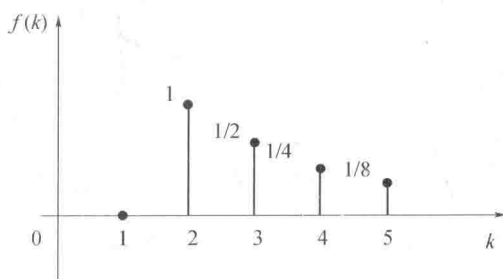


图 1.19

(11) $f(k) = \sin\left(\frac{k\pi}{6}\right) [\varepsilon(k) - \varepsilon(k-7)]$

解:该信号波形如图 1.20 所示。

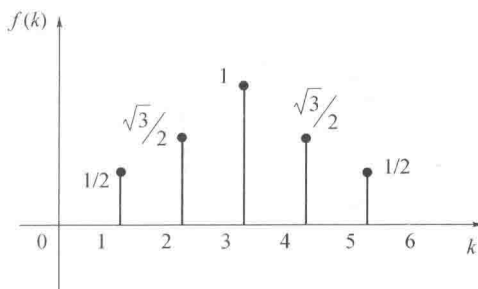


图 1.20

(12) $f(k) = 2^k [\varepsilon(3-k) - \varepsilon(-k)]$

解:该信号波形如图 1.21 所示。

3. 写出图 1.22 所示各波形的表示式。

(a) 解: $f(t) = 2[\varepsilon(t+1) - \varepsilon(t-1)] + [\varepsilon(t-1) - \varepsilon(t-2)]$
 $= 2\varepsilon(t+1) - \varepsilon(t-1) - \varepsilon(t-2)$

(b) 解: $f(t) = (t+1)[\varepsilon(t+1) - \varepsilon(t-1)] + (3-t)[\varepsilon(t-1) - \varepsilon(t-3)]$
 $= (t+1)\varepsilon(t+1) - 2(t-1)\varepsilon(t-1) + (t-3)\varepsilon(t-3)$

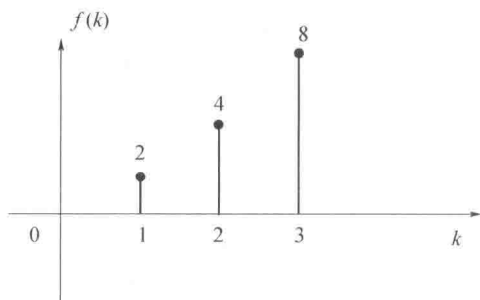


图 1.21

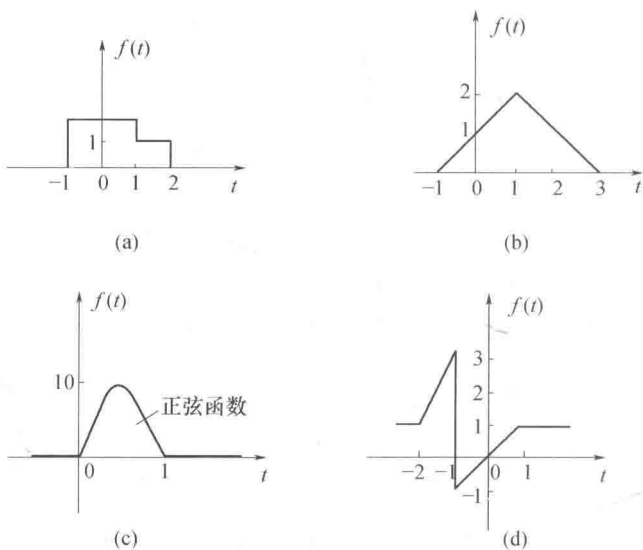


图 1.22

(c) 解: $f(t) = 10\sin\pi t [\varepsilon(t) - \varepsilon(t-1)]$

(d) 解: $f(t) = 1 + 2(t+2) [\varepsilon(t+2) - \varepsilon(t+1)] + (t-1) [\varepsilon(t+1) - \varepsilon(t-1)]$

4. 写出图 1.23 所示各序列的闭合形式表示式。

解: 由图 1.23 可知:

$$(a) f(k) = \varepsilon(k+2)$$

$$(b) f(k) = \varepsilon(k-3) - \varepsilon(k-7)$$

$$(c) f(k) = \varepsilon(2-k)$$

$$(d) f(k) = (-1)^k \varepsilon(k)$$

5. 已知信号 $f(t)$ 的波形如图 1.24(a) 所示, 画出下列各函数的波形。

$$(1) f(t-1) \varepsilon(t); \quad (2) f(t-1) \varepsilon(t-1);$$

$$(3) f(2-t); \quad (4) f(2-t) \varepsilon(2-t);$$

$$(5) f(1-2t); \quad (6) f\left(\frac{1}{2}t-2\right);$$

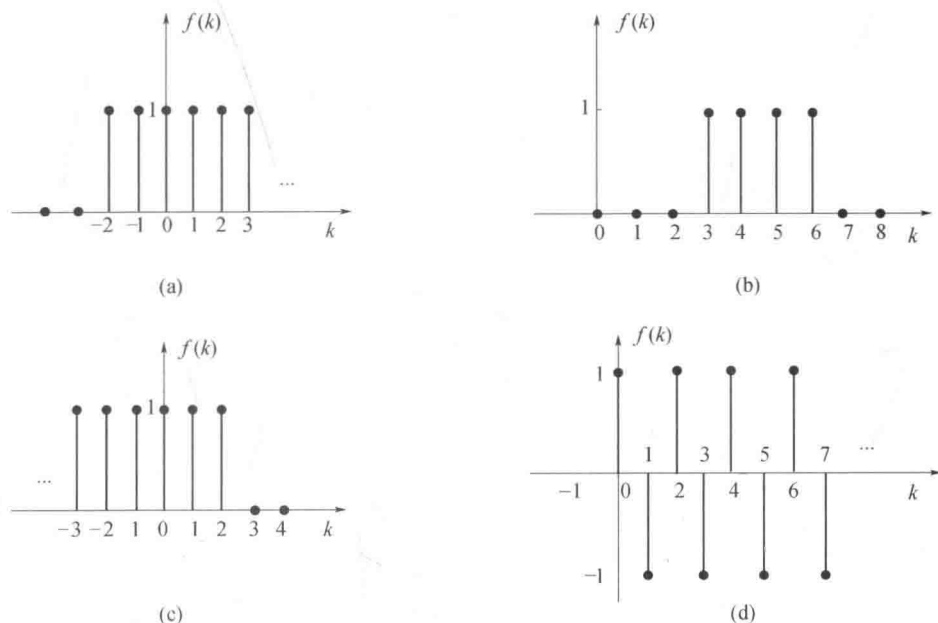


图 1.23

(7) $\frac{df(t)}{dt}$;

(8) $\int_{-\infty}^t f(x) dx$.

解: (1) 如图 1.24 所示。

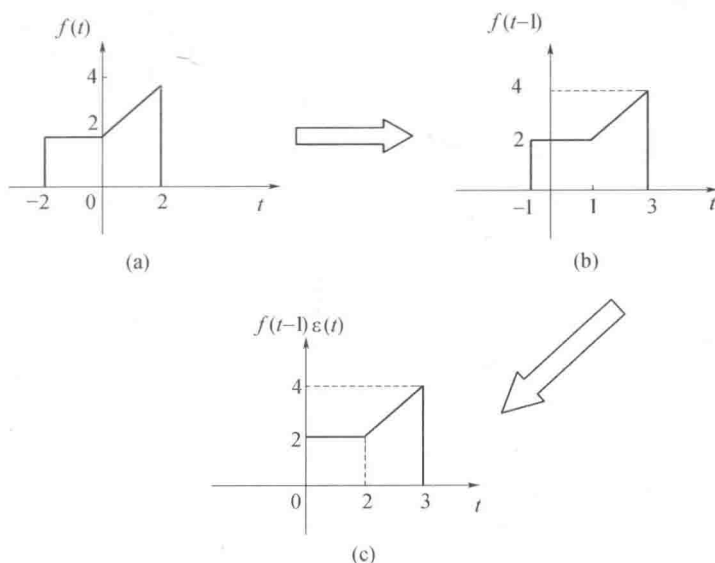


图 1.24

(2) 如图 1.25 所示。

(3) 如图 1.26 所示。

(4) 如图 1.27 所示。

(5) $f(t) \rightarrow f(1-t) \rightarrow f(1-2t)$, 如图 1.28 所示。