



高等学校教材经典同步辅导丛书电学类(二)  
配高教社《信号与线性系统》第4版 上、下册 管致中等 编

# 信号

与

# 线性系统

## 同步辅导及习题全解

华腾教育教学与研究中心

卢莹莹 主编

管致中 第4版

上、下册合订本

- ◆ 紧扣教材
- ◆ 知识精讲
- ◆ 习题全解
- ◆ 应试必备
- ◆ 联系考研
- ◆ 网络增值

中国矿业大学出版社

高等学校教材经典同步辅

# 信号与线性系统

## 同步辅导及习题全解

华腾教育教学与研究中心

卢莹莹 主编

中国矿业大学出版社

## 内 容 提 要

本书是高等教育出版社出版,管致中等主编的《信号与线性系统》(第4版)(上、下册)教材的配套辅导书。全书由知识点精析、课后习题全解、考研试题集粹及考研考试指导等部分组成,旨在帮助读者掌握知识要点,学会分析问题和解决问题的方法技巧,并且提高学习能力及应试能力。

本书可供高等院校信号与线性系统课程的同步辅导使用,也可作为研究生入学考试的复习资料,同时可供本专业教师及相关工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

信号与线性系统同步辅导及习题全解 / 卢莹莹主编.

徐州:中国矿业大学出版社,2008.1

(高等学校教材经典同步辅导丛书)

ISBN 978 - 7 - 81107 - 912 - 8

I. 信… II. 卢… III. ①信号理论—高等学校—教学参考资料②线性系统—系统分析—高等学校—教学参考资料 IV. TN911.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 003082 号

书 名 信号与线性系统同步辅导及习题全解

主 编 卢莹莹

责任编辑 罗 浩

选题策划 孙怀东

特约编辑 薛春晓

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮政编码 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 北京市昌平百善印刷厂

经 销 新华书店

开 本 720×960 1/16 本册印张 19.00 本册字数 469 千字

印 次 2008 年 7 月第 1 版第 2 次印刷

总 定 价 85.20 元

# 高等学校教材

## 经典同步辅导丛书编委会

主任：王 飞

副主任：夏应龙 倪铭辰 李瑞华

---

编 委 (按姓氏笔画排序):

于志慧 王海军 王 焯 韦爱荣

甘 露 丛 维 师文玉 吕现杰

朱凤琴 朵庆春 刘胜志 刘淑红

严奇荣 李 丰 李凤军 李 冰

李 波 李炳颖 李 娜 李晓光

李晓炜 李雅平 李燕平 何联毅

邹绍荣 宋 波 张旭东 张守臣

张鹏林 张 慧 陈晓东 陈瑞琴

范亮宇 孟庆芬 高 锐

信号与线性系统是通信、电力、电子、自动化等专业重要的课程之一,也是报考上述专业硕士研究生的考试课程。

管致中、夏恭恪、孟桥编著的信号与线性系统(第4版)(上、下册)以体系完整、结构严谨、层次清晰、深入浅出的特点成为这门课程的经典教材,被全国许多院校采用。

学习信号与线性系统的目的是掌握信号与线性系统分析的基本理论、基本原理和基本方法,并能够在后续课程(如通信原理、通信系统、自动控制原理等)的学习和研究中灵活应用这些方法解决相关问题。

为了帮助读者更好地学习这门课程,掌握更多的知识,我们根据多年的教学经验编写了这本与此教材配套的《信号与系统同步辅导及习题全解》(第4版)(上、下册合订本)。本书旨在使广大读者理解基本概念,掌握基本知识,学会基本的解题方法与解题技巧,进而提高应试能力。本书作为一种辅助性的教材,具有较强的针对性、启发性、指导性和补充性。

考虑到信号与线性系统这门课程的特点,我们在内容上作了以下安排:

**1. 知识点精析** 串讲概念,总结性质和定理,使知识全面系统,便于掌握。

**2. 课后习题全解** 给出了管致中、夏恭恪、孟桥编著的《信号与线性系统》(第4版)(上、下册)各章习题的答案。我们不仅给出了详细的解题过程,而且对有难度或综合性较强的习题做了分析和小结,从而更好地帮助学生理解掌握每一知识点。

**3. 考研试题集粹** 精选历年名校考研真题并进行深入地讲解。

**4. 考研考试指导** 首先归纳了本课程的考研考点,然后精选了清华大学等名校的最新考研考试试题并给出了参考答案,以帮助学生顺

利通过相关考试。

本书在编写时参考了大量的优秀教材和权威考题。在此,谨向有关作者和所选考试、考研试题的命题人以及对本书的出版给予帮助和指导的所有老师、同仁表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,本书难免出现不妥之处,恳请广大读者批评指正。

## **联系我们**

**华腾教育网:**

<http://www.huatengedu.com.cn>

**电子邮件:**

[huateng@huatengedu.com](mailto:huateng@huatengedu.com)

**华腾教育教学与研究中心**

# 目 录

# CONTENTS

<b>第一章 绪 论</b> .....	1
知识点精析 .....	1
课后习题全解 .....	3
考研试题集粹 .....	12
<b>第二章 连续时间系统的时域分析</b> .....	13
知识点精析 .....	13
课后习题全解 .....	18
考研试题集粹 .....	63
<b>第三章 连续信号的正交分解</b> .....	66
知识点精析 .....	66
课后习题全解 .....	70
考研试题集粹 .....	92
<b>第四章 连续时间系统的频域分析</b> .....	95
知识点精析 .....	95
课后习题全解 .....	98
考研试题集粹 .....	109
<b>第五章 连续时间系统的复频域分析</b> .....	113
知识点精析 .....	113
课后习题全解 .....	118
考研试题集粹 .....	157
<b>第六章 连续时间系统的系统函数</b> .....	161
知识点精析 .....	161

课后习题全解 .....	164
<b>第七章 离散时间系统的时域分析</b> .....	201
知识点精析 .....	201
课后习题全解 .....	206
考研试题集粹 .....	240
<b>第八章 离散时间系统的变换域分析</b> .....	242
知识点精析 .....	242
课后习题全解 .....	246
考研试题集粹 .....	281
<b>考研考试指导</b> .....	282
考研考点归纳 .....	282
<b>清华大学信号与系统考研试题</b> .....	282
参考答案 .....	283



# 第一章

---

## 绪论

### III 知识点精析

#### 一、信号的概念

##### 1. 信号的定义

广义地说,信号是随着时间变化的某种物理量。通常可以用数学表达式或图形来描述。

##### 2. 信号的分类

信号可按不同方式进行分类,通常的分类如下:

###### (1) 确定信号与随机信号

确定信号:信号是一确定的时间函数,给定某一时间后,就可确定一相应的函数值;

随机信号:不是一确定的时间函数,给定某一时间值时,其函数值并不确定。

###### (2) 连续信号与离散信号

连续信号:在一定时间间隔内,对于一切时间值,除了若干不连续点外,都能给出确定的函数的信号;

离散信号:只在某些不连续的时间值上给定函数值的信号。

###### (3) 周期信号与非周期信号

周期信号:满足  $f(t) = f(t \pm kT)$ ,  $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$  的信号,  $T$  为最小重复;

非周期信号:不满足上式的信号。

###### (4) 能量信号与功率信号

能量信号:信号总能量为有限值而信号平均功率为零;

功率信号:信号平均功率为有限值而信号总能量为无限大;

信号平均功率计算式为:  $\frac{1}{T} \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} |f(t)|^2 dt$ ;

信号能量计算式为:  $\int_{-\infty}^{\infty} |f(t)|^2 dt$ 。

## 二、信号的简单处理

### 1. 信号的相加与相乘

(1) 信号相加:  $f(t) = f_1(t) + f_2(t)$ ;

(2) 信号相乘:  $f(t) = f_1(t) \times f_2(t)$ 。

### 2. 信号的延时

$f(t)$  延时  $t_0$  后为  $f(t+t_0)$ ; 当  $t_0 > 0$  时,  $f(t)$  在时间轴上左移  $t_0$ , 当  $t_0 < 0$  时,  $f(t)$  在时间轴上右移  $|t_0|$ 。

### 3. 信号的尺度变换与反褶

(1) 信号的尺度变换:

$f(at)$  为  $f(t)$  的尺度变换; 当  $|a| > 1$  时,  $f(at)$  为  $f(t)$  在时间轴上的压缩, 当  $|a| < 1$  时,  $f(at)$  为  $f(t)$  在时间轴上的扩展。

(2) 信号的反褶

$f(-t)$  为  $f(t)$  经反褶后的信号,  $f(-t)$  与  $f(t)$  关于纵轴对称。

### 4. 信号的微分和积分

(1) 信号的微分运算:  $\frac{df(t)}{dt}$ ;

(2) 信号的积分运算:  $\int_{-\infty}^t f(t) dt$ 。

### 5. 信号的复合运算

由前 4 项基本运算结合起来的运算为复合运算。例如:

(1) 已知  $f(t)$  的波形, 求  $f(at+b)$  的波形。

对于这种信号波形的运算, 就需要将时延、反褶和尺度变换结合应用。

例如对于  $f(t-3t)$ , 因为  $4-3t = -3\left(t-\frac{4}{3}\right)$ , 所以可以按照如下次序分步进行:

$$f(t) \rightarrow f(-t) \rightarrow f(-3t) \rightarrow f\left[-3\left(t-\frac{4}{3}\right)\right]$$

即先做反褶得到  $f(-t)$ , 再尺度变换, 对波形压缩 3 倍, 得到  $f(-3t)$ , 最后对波形右移  $\frac{3}{4}$ , 得到  $f\left[-3\left(t-\frac{4}{3}\right)\right]$ , 即得到  $f(t-3t)$  的波形。

注意所有的运算都是针对时间变量  $t$  来进行。

(2) 对信号进行微分和积分运算时, 要注意信号  $f(t)$  经微分再积分后, 不一定还是  $f(t)$ , 即  $\int_{-\infty}^t \frac{df(\tau)}{d\tau}$  不一定等于  $f(t)$ 。

## 三、系统的概念

### 1. 系统的定义

从一般意义上说, 系统是一个由若干互有关联的单元组成的并具有某种功能以用来达到

某些特定目的的有机整体。

## 2. 系统的分类

按照不同的原则,系统可以分为以下几类:

### (1) 线性系统和非线性系统

线性系统:同时具有齐次性和叠加性的系统;

非线性系统:不具备齐次性和叠加性的系统;

设  $e_1(t)$  和  $e_2(t)$  为激励信号,产生的响应分别为  $r_1(t)$  和  $r_2(t)$ ,则

① 齐次性:  $k_1 e_1 \rightarrow k_1 r_1(t)$

② 叠加性:  $e_1(t) + e_2(t) \rightarrow r_1(t) + r_2(t)$

③ 线性:  $k_1 e_1(t) + k_2 e_2(t) \rightarrow k_1 r_1(t) + k_2 r_2(t)$

### (2) 时不变系统和时变系统:

时不变系统:在初始状态相同的条件下,系统的响应不随激励施加的时间不同而不同。

时变系统:不符合上述条件的系统。

### (3) 连续时间系统和离散时间系统

连续时间系统:激励和响应在连续时间的一切值上都有确定的意义。

离散时间系统:激励和响应为不连续的离散序列的系统。

### (4) 因果系统和非因果系统

因果系统:响应在激励之后出现的系统,即当  $t < 0$  时,激励  $e(t) = 0$ ,则当  $t < 0$  时,响应  $r(t) = 0$ ;

非因果系统:响应在激励之前出现的系统。

## 四、线性时不变系统的分析

描述线性时不变系统激励  $e(t)$  和响应  $r(t)$  关系的数学模型为常系数线性微分方程。对于系统的描述通常可以采用模拟方框图的形式。

常用的三种基本单元模拟方框图如图 1-1 所示。

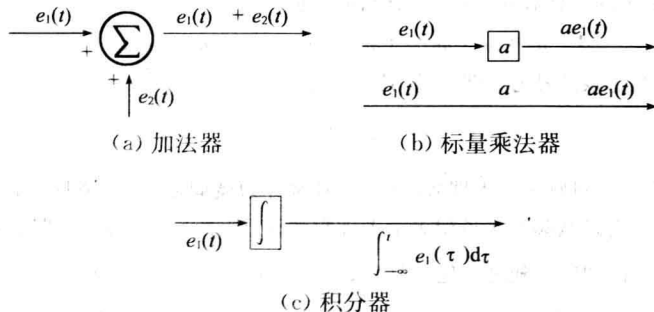


图 1-1

用加法器、标量乘法器和积分器连接可以构成连续时间系统的模拟框图。

## 课后习题全解

1.1 说明波形如图 1-2 所示的各信号是连续信号还是离散信号。

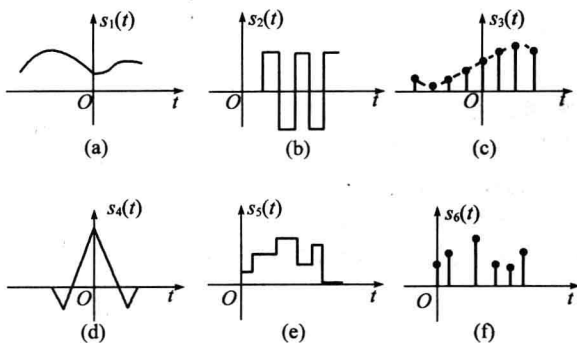


图 1-2

**解** 判断连续信号还是离散信号主要根据时间变量  $t$  是否连续。

- (a) 连续信号      (b) 连续信号      (c) 离散信号  
 (d) 连续信号      (e) 连续信号      (f) 离散信号

1.2 说明下列信号是周期信号还是非周期信号。若是周期信号,求其周期  $T$ 。

- (a)  $a\sin t - b\sin(3t)$       (b)  $a\sin(4t) + b\cos(7t)$   
 (c)  $a\sin(3t) + b\cos(\pi t)$ ,  $\pi \approx 3$  和  $\pi \approx 3.141\dots$   
 (d)  $a\cos(\pi t) + b\sin(2\pi t)$       (e)  $a\sin\left(\frac{5t}{2}\right) + b\cos\left(\frac{6t}{5}\right) + c\sin\left(\frac{t}{7}\right)$   
 (f)  $[a\sin(2t)]^2$       (g)  $[a\sin(2t) + b\sin(5t)]^2$

提示:如果包含有  $n$  个不同频率余弦分量的复合信号是一个周期为  $T$  的周期信号,则其周期  $T$  必为各分量信号周期  $T_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) 的整数倍。即有  $T = m_i T_i$  或  $\omega_i = m_i \omega$ 。式中  $\omega_i = \frac{2\pi}{T_i}$  为各余弦分量的角频率,  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  为复合信号的基波频率,  $m_i$  为正整数。因此只要能找到  $n$  个不含整数公因子的正整数  $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$ , 使

$$\omega_1 : \omega_2 : \omega_3 : \dots : \omega_n = m_1 : m_2 : m_3 : \dots : m_n$$

成立,就可判定该信号为周期信号,其周期为

$$T = m_i T_i = m_i \frac{2\pi}{\omega_i}$$

如复合信号中分量频率为无理数,则该信号常称为概周期信号。概周期信号是非周期信号,但如选用某一有理数频率来近似表示无理数频率,则该信号可视为周期信号。所选的近似值改变,则该信号的周期也随之变化。例如  $\cos t + \cos(\sqrt{2}t)$  的信号,如令  $\sqrt{2} \approx 1.41$ ,则可求得  $m_1 = 100, m_2 = 141$  该信号的周期为  $T = 200\pi$ 。如令  $\sqrt{2} \approx 1.414$  则该信号的周期变为  $2000\pi$ 。

**解** 由提示可知:

- (a) 因为  $\omega_1 : \omega_2 = 1 : 3$ , 所以  $T = 1 \times \frac{2\pi}{1} = 2\pi$ , 故该信号为周期信号。  
 (b) 因为  $\omega_1 : \omega_2 = 4 : 7$ , 所以  $T = 4 \times \frac{2\pi}{4} = 2\pi$ , 故该信号为周期信号。

(c) 当  $\pi \approx 3$  时, 因为  $\omega_1 : \omega_2 = 3 : 3 = 1 : 1$ , 所以  $T = 1 \times \frac{2\pi}{3} = \frac{2\pi}{3}$ , 故该信号为周期信号。

当  $\pi \approx 3.141\cdots$  时, 其分量频率为无理数, 所以是该周期信号即非周期信号。

(d) 因为  $\omega_1 : \omega_2 = \pi : 2\pi = 1 : 2$ , 所以  $T = 1 \times \frac{2\pi}{\pi} = 2$ , 故该信号为周期信号。

(e) 因为  $\omega_1 : \omega_2 : \omega_3 = \frac{5}{2} : \frac{6}{5} : \frac{1}{7} = 175 : 84 : 10$ , 所以  $T = 10 \times \frac{2\pi}{1/7} = 140\pi$ , 故该信号为周期信号。

(f) 因为  $(a\sin 2t)^2 - \frac{a^2}{2}(1 - \cos 4t)$ , 所以  $T = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2}$ , 故该信号为周期信号。

(g) 因为

$$\begin{aligned} (a\sin 2t + b\sin 5t)^2 &= a^2 \sin^2 t + b^2 \sin^2 5t + 2ab \sin 2t \sin 5t \\ &= \frac{a^2}{2}(1 - \cos 4t) + \frac{b^2}{2}(1 - \cos 10t) + ab(\cos 3t - \cos 7t) \end{aligned}$$

$$\omega_1 : \omega_2 : \omega_3 : \omega_4 = 4 : 10 : 3 : 7$$

所以  $T = 4 \times \frac{2\pi}{4} = 2\pi$ , 故该信号为周期信号。

**1.3** 说明下列信号中哪些是周期信号, 哪些是非周期信号, 哪些是能量信号, 哪些是功率信号。计算它们的能量或平均功率。

$$(1) f(t) = \begin{cases} 5\cos(10\pi t) & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$

$$(2) f(t) = \begin{cases} 8e^{-4t} & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$

$$(3) f(t) = 5\sin(2\pi t) + 10\sin(3\pi t) \quad -\infty < t < \infty$$

$$(4) f(t) = 20e^{-10|t|} \cos(\pi t) \quad -\infty < t < \infty$$

$$(5) f(t) = \cos(5\pi t) + 2\cos(2\pi^2 t) \quad -\infty < t < \infty$$

**解** 能量信号为能量是有限值而平均功率为零的信号; 功率信号为能量是无穷大, 而平均功率为有限值的信号。

$$(1) \text{ 平均功率 } P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} |f(t)|^2 dt.$$

$f(t)$  是周期信号, 周期为  $\frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{10\pi} = \frac{1}{5}$ , 即  $T = \frac{1}{5}$ , 所以平均功率

$$P = \frac{1}{5} \int_{-1/10}^{1/10} [5\cos(10\pi t)]^2 dt = 6.25(\text{W})$$

信号能量为无穷大, 功率为有限值, 所以该信号为功率信号, 也是周期信号。

(2)  $f(t)$  为非周期信号。

$$\text{能量 } E = \int_{-\infty}^{+\infty} |f(t)|^2 dt = \int_0^{+\infty} (8e^{-4t})^2 dt = 8(\text{J})$$

平均功率  $P = 0$ , 所以该信号为非周期信号, 故为能量信号。

(3)  $\omega_1 : \omega_2 = 2 : 3$ , 所以  $T = 2$ , 该信号为周期信号。

$$\text{平均功率 } P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} |f(t)|^2 dt = \frac{1}{2} \int_{-1}^{+1} [5\sin(2\pi t) + 10\sin(3\pi t)]^2 dt = 62.5(\text{W})$$

信号能量  $E$  为无穷大, 所以该信号为周期信号, 功率信号。

(4) 可以看出  $20e^{-10|t|}$  是一个衰减因子, 使得  $t \rightarrow \infty$  时,  $f(t) \rightarrow 0$ , 所以该信号为非周期信号。

$$\text{能量 } E = \int_{-\infty}^{+\infty} |f(t)|^2 dt = \int_{-\infty}^{+\infty} |20e^{-10|t|} \cos(\pi t)|^2 dt = 38.18(\text{J})$$

平均功率  $P = 0$ , 所以该信号为非周期信号, 是能量信号。

(5) 当  $\pi = 3.1415926\cdots$  时,  $2\cos(2\pi^2 t)$  的频率为无理数, 所以该信号为非周期信号。

$$\begin{aligned} \text{平均功率 } P &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} |f(t)|^2 dt \\ &= \lim_{T \rightarrow \infty} + \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \cos^2 \pi t + \varphi \cos^2(2\pi^2 t) + \varphi \cos(5\pi t) \cdot \cos(2\pi^2 t) dt \\ &= \lim_{T \rightarrow \infty} + \frac{1}{T} \left[ \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \frac{\cos 10\pi t + 1}{2} dt + \varphi \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \frac{\cos \varphi \pi^2 t + 1}{2} dt \right. \\ &\quad \left. + \varphi \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \cos(5\pi t + 2\pi^2 t) + \cos(5\pi t - 2\pi^2 t) dt \right] \\ &= \lim_{T \rightarrow \infty} \left[ \frac{1}{T} \cdot \frac{1}{2} \cdot T + \frac{1}{T} \cdot \frac{\varphi}{2} \cdot T \right] = 2.5(\text{W}) \end{aligned}$$

所以该信号是非周期信号, 是功率信号。

#### 1.4 试判断下列论断是否正确:

- (1) 两个周期信号之和必仍为周期信号;
- (2) 非周期信号一定是能量信号;
- (3) 能量信号一定是非周期信号;
- (4) 两个功率信号之和必仍为功率信号;
- (5) 两个功率信号之积必仍为功率信号;
- (6) 能量信号与功率信号之积必为能量信号;
- (7) 随机信号必然是非周期信号。

**解** (1) 错误。

对于离散周期信号, 存在例外。

(2) 错误。

如果非周期信号在无限长的时间范围都有值, 且不收敛, 它的能量可能就是无穷大, 就不一定是能量信号。

(3) 正确。

因为周期信号是无限长信号, 而在每个周期内, 其信号是一致的, 信号的能量即为一个周期的能量和周期个数的乘积, 由于时间无穷大, 所以能量无穷大, 所以能量信号一定是非周期信号。

(4) 正确。

两个平均功率有限的信号相加, 平均功率仍为有限值。

(5) 错误。

两个功率信号之积有可能为能量信号。

(6) 正确。

通常能量信号是时间域有限信号或衰减信号,它与功率信号相乘,结果仍为能量信号。

(7) 正确。

随机信号无法找到周期,所以必为非周期信号。

1.5 粗略绘出下列各函数式表示的信号波形。

(1)  $f(t) = 3 - e^{-t} \quad t > 0$

(2)  $f(t) = 5e^{-t} + 3e^{-2t} \quad t > 0$

(3)  $f(t) = e^{-t} \sin(2\pi t) \quad 0 < t < 3$

(4)  $f(t) = \frac{\sin(at)}{at}$

(5)  $f(k) = (-2)^{-k} \quad 0 < k \leq 6$

(6)  $f(k) = e^k \quad 0 \leq k < 5$

(7)  $f(k) = k \quad 0 < k < n$

**解** 各函数所表示的信号波形如图 1-3 所示。

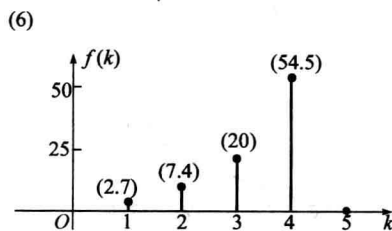
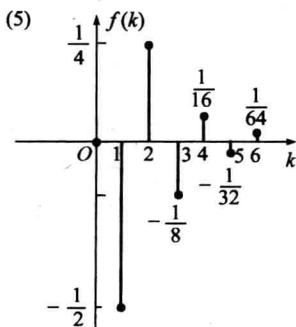
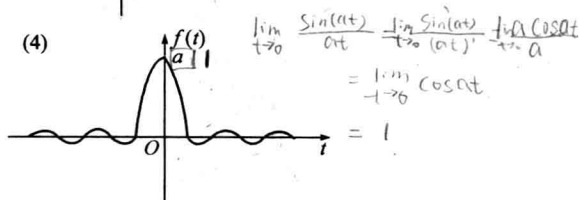
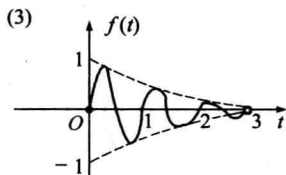
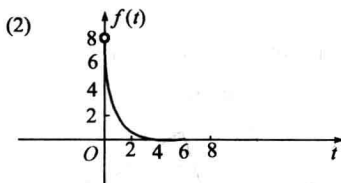
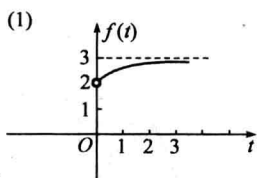


图 1-3

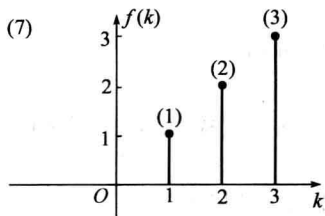


图 1-3

1.6 已知信号  $f(t)$  波形如图 1-4 所示, 试绘制  $f(t-4)$ ,  $f(t+4)$ ,  $f(\frac{t}{2})$ ,  $f(2t)$ ,  $f(-\frac{t}{2})$ ,  $f(-\frac{t}{2}+1)$  的波形。

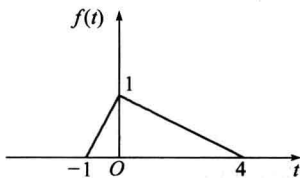


图 1-4

**解** 波形如图 1-5(1)~(6) 所示。

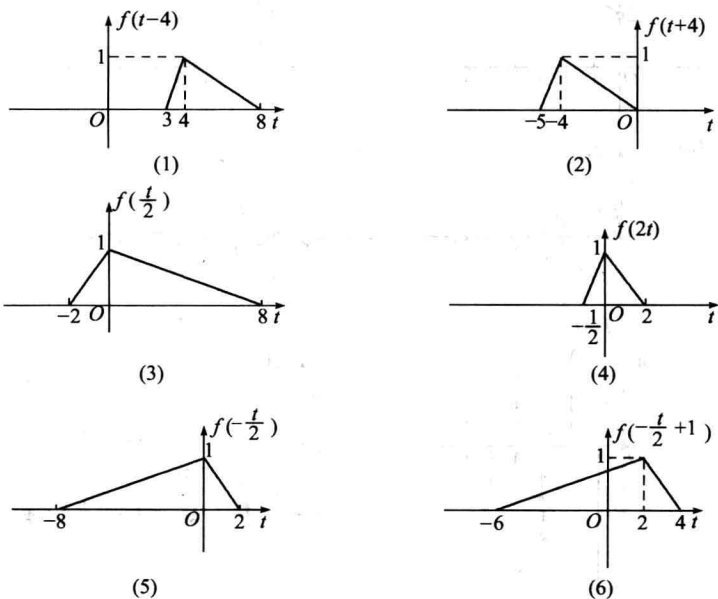


图 1-5

1.7 改变教材中例题 1-2 中信号处理的分步次序为: (1) 反褶, 时延, 尺度变换; (2) 尺度变换, 反褶, 时延; (3) 尺度变换, 时延, 反褶。重绘  $f(1-2t)$  的波形, 并与例题 1-2 的结果相比较。



**解** 波形如图 1-6(1)~(3) 所示。

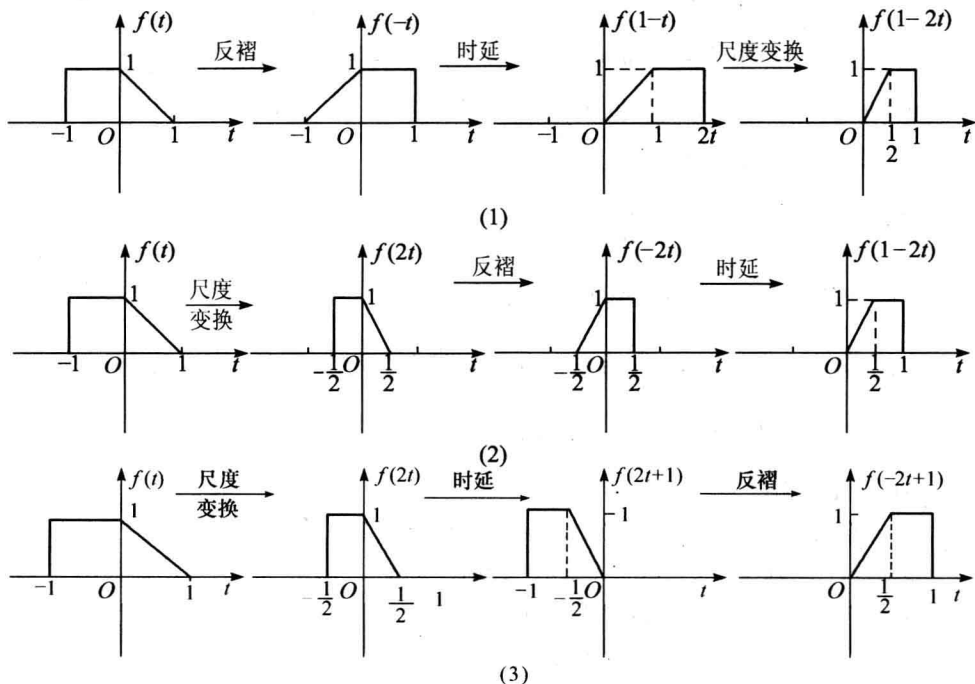


图 1-6

**1.8** 试判断下列方程所描述的系统是否为线性系统, 是否为时变系统?

$$(1) \frac{dr(t)}{dt} + r(t) = e(t) + 5 \quad (2) \frac{dr(t)}{dt} + tr(t) + 5 \int_{-\infty}^t r(\tau) d\tau = \frac{de(t)}{dt} + e(t)$$

$$(3) r(t) = 10e^2(t) + 10 \quad (4) \frac{d^2 r(t)}{dt^2} - r(t) \frac{dr(t)}{dt} = 10e(t)$$

**解** 线性系统: 满足齐次性和叠加性的系统。

若

$$e_1(t) \rightarrow r_1(t), e_2(t) \rightarrow r_2(t)$$

则

$$k_1 e_1(t) + k_2 e_2(t) \rightarrow k_1 r_1(t) + k_2 r_2(t)$$

$$(1) \text{ 激励 } e_1(t) \text{ 时, 则 } \frac{dr_1(t)}{dt} + r_1(t) = e_1(t) + 5 \quad \textcircled{1}$$

$$\text{激励为 } e_2(t) \text{ 时, 则 } \frac{dr_2(t)}{dt} + r_2(t) = e_2(t) + 5 \quad \textcircled{2}$$

激励为  $k_1 e_1(t) + k_2 e_2(t)$  时, 由 ①、② 可知

$$\begin{aligned} & k_1 e_1(t) + k_2 e_2(t) + 5k_2 \\ &= \frac{d[k_1 r_1(t) + k_2 r_2(t)]}{dt} + k_1 r_1(t) + k_2 r_2(t) + 5(k_1 + k_2) \\ &\neq k_1 e_1(t) + k_2 e_2(t) + 5 \end{aligned}$$

所以, 为非线性系统。