高等院校“十三五”规划教材

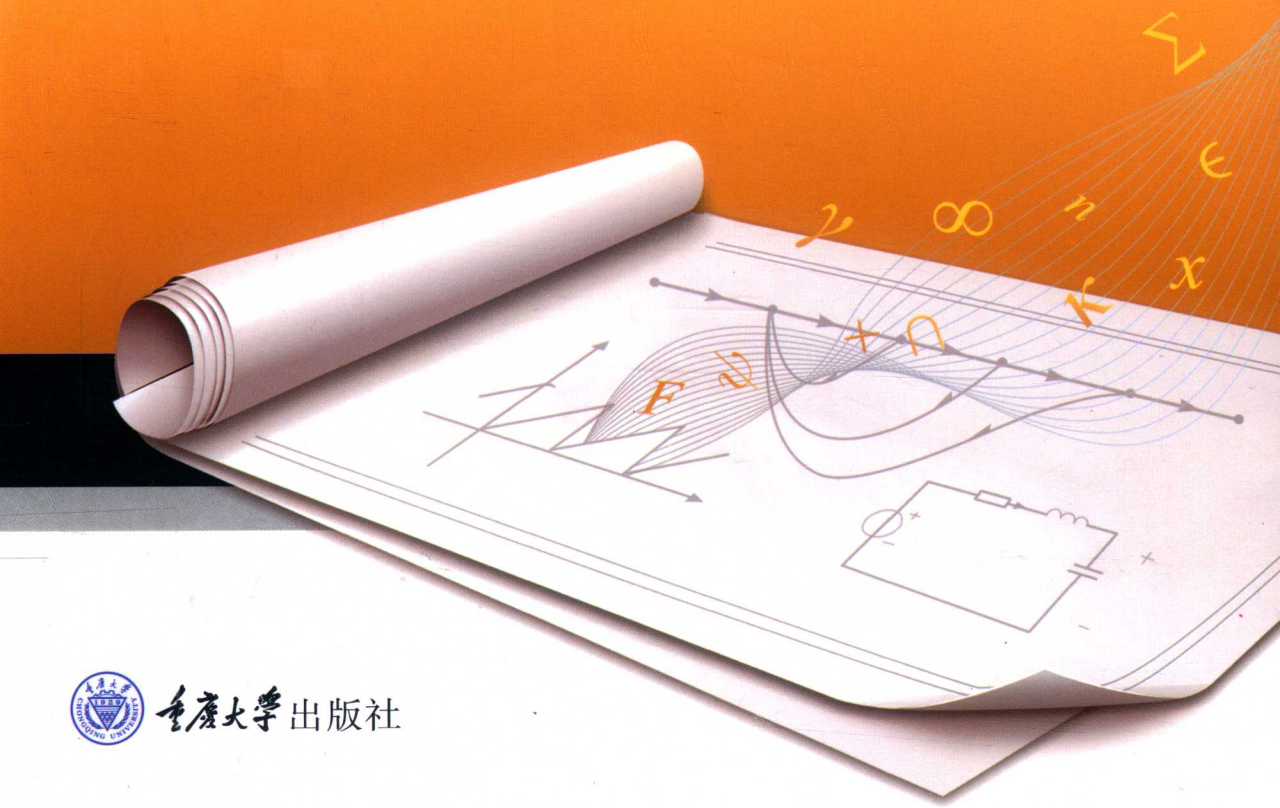
高等学校电气工程及其自动化专业应用型本科系列规划教材

信号与系统学习指导及习题集

XINHAO YU XITONG XUEXI ZHIDAO JI XITIJI

主　编　刘刚利

副主编　肖菊兰



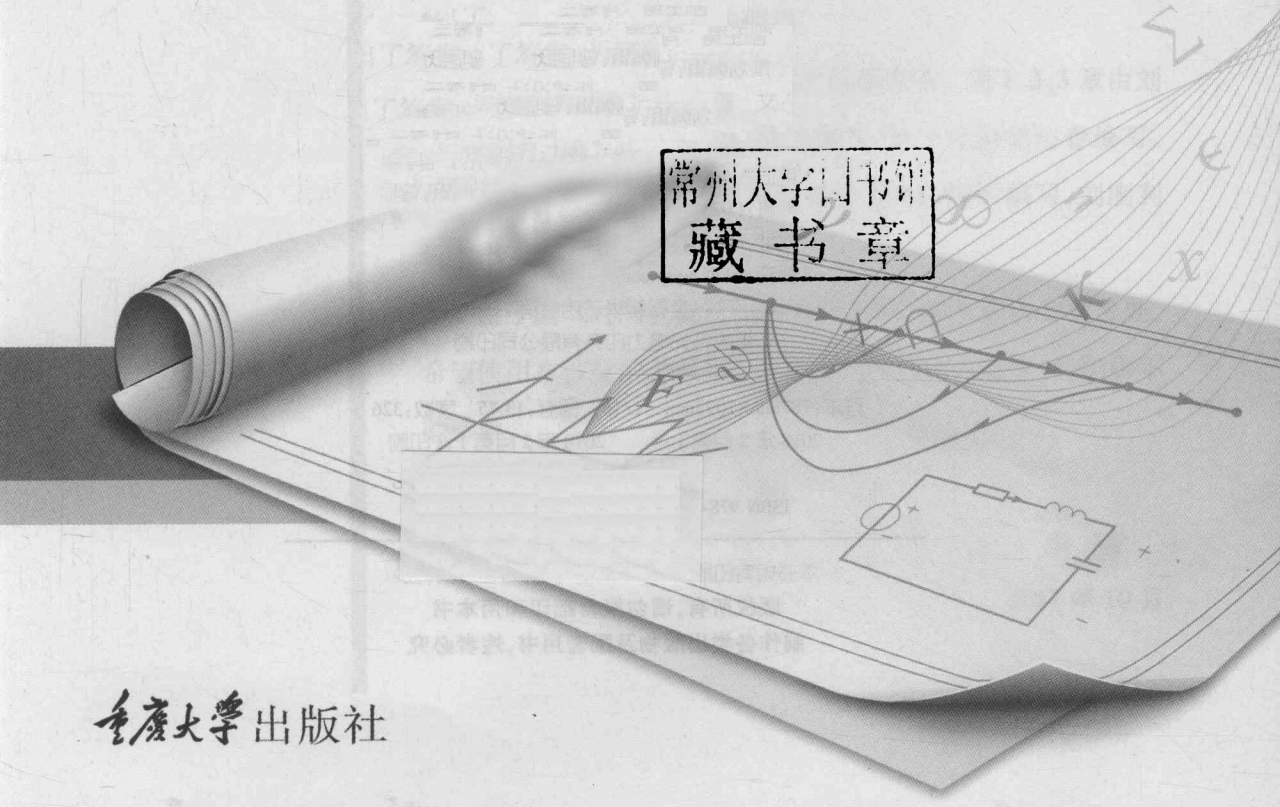
重庆大学出版社

高等院校“十三五”规划教材

信号与系统学习指导及习题集

主　编　刘刚利
副主编　肖菊兰
参　编　胡沁春　郭丽芳　张　霆

常州大学图书馆
藏书章



重庆大学出版社

内容提要

本书为胡沁春、刘刚利主编教材《信号与系统》(第二版)的指导性教学配套用书。本书系统地给出了该教材各章重点和难点以及全部习题的详解,并配有适量习题集及答案。本书在习题解析过程中给出了解题思想,解题步骤科学、完善、详细,且一题多解可拓展思路、相互校核,便于学生更加深刻理解、掌握知识点,也便于任课教师因人施教。书后的附录给出了模拟测试题及答案。

本书可作为高等院校自动控制、通信、电子以及计算机等专业信号与系统课程的教学配套用书,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

信号与系统学习指导及习题集/刘刚利主编.—重庆:重庆大学出版社,2018.2
高等学校电气工程及其自动化专业应用型本科系列规划教材
ISBN 978-7-5689-0990-7

Ⅰ.①信… Ⅱ.①刘… Ⅲ.①信号系统—高等学校—教学参考资料 Ⅳ.①TN911.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 006202 号

信号与系统学习指导及习题集

主　编　刘刚利
副主编　肖菊兰
策划编辑:曾显跃
责任编辑:文　鹏　　版式设计:曾显跃
责任校对:贾　梅　　责任印制:赵　晟

*

重庆大学出版社出版发行
出版人:易树平
社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号
邮编:401331
电话:(023)88617190　88617185(中小学)
传真:(023)88617186　88617166
网址:http://www.cqup.com.cn
邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)
全国新华书店经销
重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm　1/16　印张:13.75　字数:326 千
2018 年 2 月第 1 版　2018 年 2 月第 1 次印刷
印数:1—2 000
ISBN 978-7-5689-0990-7　定价:29.50 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

“信号与系统”课程是电子信息类专业重要的专业基础课。该课程的教学目标，是使学生了解信号、信号处理和系统的基本概念，学会信号分析与系统分析的基本方法，理解信号处理和传输的基本过程，提高分析实际问题的能力。由于该课程的内容具有较强的理论性和实用性，很多学生在学习过程中感到比较困难，所以有必要配合教材编写一本辅导教材。辅导教材按教材的章节顺序编排，每章由重点、难点、课后习题详解和练习题组成。为了强化学生的练习，我们编写了练习题，并给出了答案；为了便于学生掌握期末自测的情况，附录也给出了模拟测试题及答案。学生在学习时，既可以把辅导教材与主教材配合使用，也可以单独使用。

本书由刘刚利任主编，肖菊兰任副主编。第1、2、3章由刘刚利编写，第4、5、6章由肖菊兰编写，第7章由胡沁春编写。张霆、郭丽芳参加了全书练习题和模拟测试题的编写，刘刚利对全书进行了统稿。

由于编写时间仓促及编者水平有限，书中定有不妥之处，希望使用本教材的老师和学生多提宝贵意见和建议，我们将不胜感激。

编　者

2017年10月

目录

第 1 章　信号与系统概论 …… 1
1.1　重点与难点 …… 1
1.2　主要知识点 …… 1
1.3　课后习题 1 全解 …… 6
1.4　练习题 1 及答案 …… 17

第 2 章　连续系统的时域分析 …… 22
2.1　重点与难点 …… 22
2.2　主要知识点 …… 22
2.3　课后习题 2 全解 …… 25
2.4　练习题 2 及答案 …… 48

第 3 章　连续系统的频域分析 …… 51
3.1　重点与难点 …… 51
3.2　主要知识点 …… 51
3.3　课后习题 3 全解 …… 56
3.4　练习题 3 及答案 …… 73

第 4 章　连续系统的复频域分析 …… 77
4.1　重点与难点 …… 77
4.2　主要知识点 …… 77
4.3　课后习题 4 全解 …… 84
4.4　练习题 4 及答案 …… 116

第 5 章　离散系统的时域分析 …… 119
5.1　重点与难点 …… 119

5.2 主要知识点 …… 119
5.3 课后习题 5 全解 …… 123
5.4 练习题 5 及答案 …… 141

第 6 章 离散系统的 z 域分析 …… 143
6.1 重点与难点 …… 143
6.2 主要知识点 …… 143
6.3 课后习题 6 全解 …… 148
6.4 练习题 6 及答案 …… 171

第 7 章 系统的状态变量分析 …… 175
7.1 重点与难点 …… 175
7.2 主要知识点 …… 175
7.3 课后习题 7 全解 …… 177
7.4 练习题 7 及答案 …… 188

附录 …… 190
模拟测试题一 …… 190
模拟测试题一答案 …… 193
模拟测试题二 …… 194
模拟测试题二答案 …… 195
模拟测试题三 …… 197
模拟测试题三答案 …… 199
模拟测试题四 …… 200
模拟测试题四答案 …… 202
模拟测试题五 …… 203
模拟测试题五答案 …… 205
模拟测试题六 …… 207
模拟测试题六答案 …… 210

参考文献 …… 211

第 1 章 信号与系统概论

1.1 重点与难点

重点：信号的基本运算；线性系统的基本特性（线性、微分特性、积分特性）；系统的判定；冲激信号性质；冲激信号与阶跃信号的关系。

难点：线性系统的判定。

1.2 主要知识点

1.2.1 信号及其分类

按照各种信号的不同性质与数学特征，信号有多种不同的分类方法。

①根据定义域的特点，信号可分为连续时间信号和离散时间信号。

②根据信号按时间自身的变化规律，可将其分为周期信号与非周期信号。

③根据能量性质，信号可分为能量信号和功率信号。

④根据信号能否用明确的数学关系式描述，或者能否用实验的方法以足够的精度重复产生，信号可分为确定信号和非确定信号。

⑤根据信号所存在的时间范围，可以把信号分为因果信号与非因果信号。

1.2.2 信号的基本运算

(1)相加

信号$f_1(t)$和$f_2(t)$之和是指同一瞬间两信号的函数值相加所构成的信号，即

$$f(t)=f_1(t)+f_2(t)$$

(2)相乘

信号$f_1(t)$和$f_2(t)$相乘是指同一瞬间两信号的函数值之积所构成的信号，即

$$f(t)=f_1(t)\cdot f_2(t)$$

(3)**平移**

若将信号$f(t)$的波形沿时间轴向右平移$t_0(t_0>0)$时间,则得到信号$f(t-t_0)$;若沿时间轴向左平移t_0时间,则得到信号$f(t+t_0)$。

(4)**反转**

信号的反转,又称为信号的倒置。数学上,信号的反转就是将信号$f(t)$中的自变量t换为$-t$,从而得到反转信号$f(-t)$;从几何图形上看,$f(t)$的波形与$f(-t)$的波形关于纵轴对称,也就是说,将信号$f(t)$以纵坐标轴为对称轴反转得到$f(-t)$。

(5)**尺度变换**

将信号$f(t)$的自变量t乘以一个常数$a(a>0)$所得的信号$f(at)$,称为$f(t)$的尺度变换信号。若$a>1$,$f(at)$的波形是将$f(t)$的波形沿t轴压缩至原来的$1/a$;若$0<a<1$,$f(at)$的波形是将$f(t)$的波形沿t轴扩展至原来的$1/a$。例如$f(t)$为录音带信号,则$f(2t)$相当于以2倍速度快速播放,$f\left(\frac{1}{2}t\right)$是以一半的速度慢速播放。

1.2.3 微分与积分

(1)**微分**

信号的微分是指信号对时间的导数,可表示为

$$y(t)=\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}f(t)=f'(t)$$

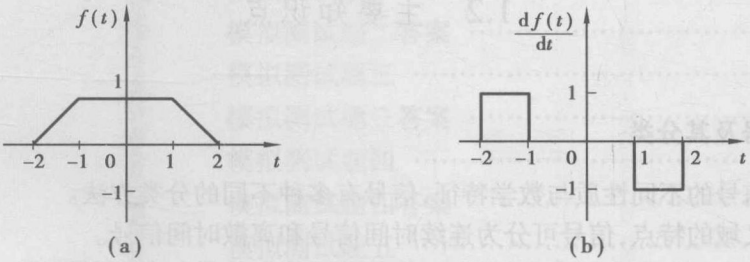


图 1.1

(2)**积分**

信号的积分是指信号在区间$(-\infty,t)$上的积分,可表示为

$$y(t)=\int_{-\infty}^{t}f(\tau)\mathrm{d}\tau=f^{(-1)}(t)$$

与信号的微分相反,将信号进行积分运算后,信号的突变部分变得平滑,如图1.2所示。

1.2.4 阶跃信号与冲激信号

阶跃函数和冲激函数不同于普通的函数,称为奇异函数。引入奇异函数后,将使信号与系统的分析方法更加完美、灵活,更为简捷。

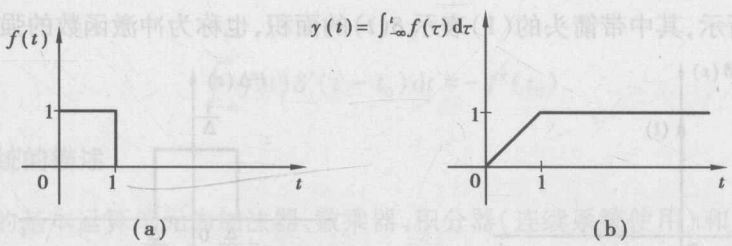


图 1.2

(1)阶跃信号

单位阶跃函数用 $\varepsilon(t)$ 来表示,其定义为

$$\varepsilon(t)=\begin{cases}0 & (t<0)\\ 1 & (t>0)\end{cases}$$

该函数在 $t=0$ 处是不连续的,在该点的函数值未定义,其波形如图 1.3 所示。单位阶跃函数简称阶跃函数。

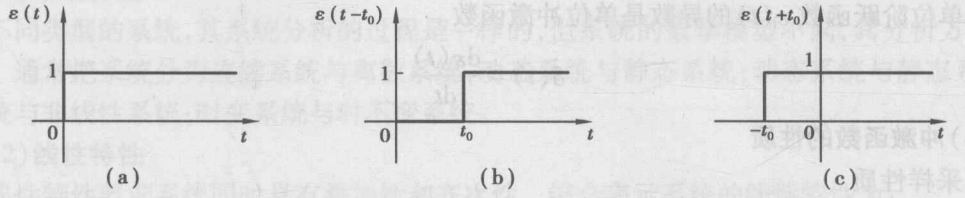


图 1.3

请一定注意图 1.4 中所示几个函数的区别。

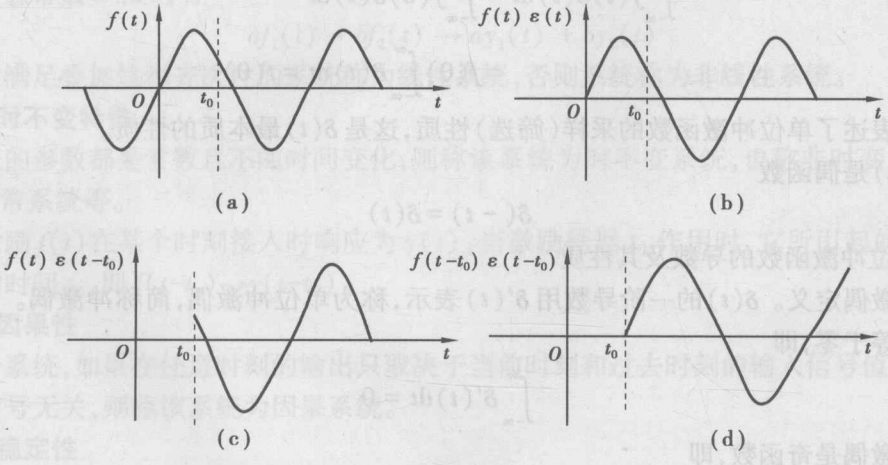


图 1.4

(2)冲激信号

单位冲激函数简称冲激函数,其定义为

$$\begin{cases}\int_{-\infty}^{\infty}\delta(t)\,\mathrm{d}t=1\\ \delta(t)=0, t\neq 0\end{cases}$$

其波形如图 1.5 所示，其中带箭头的(1)表示 $\delta(t)$ 的面积，也称为冲激函数的强度。

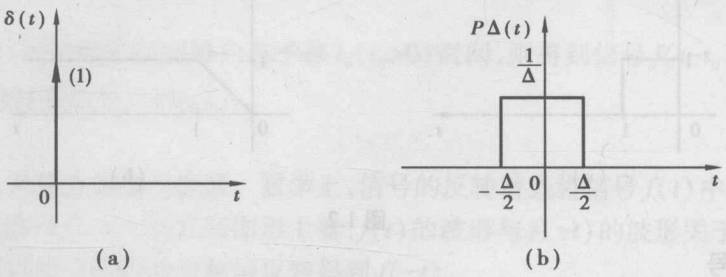


图 1.5

(3)冲激函数与阶跃函数的关系

①单位冲激函数 $\delta(t)$ 的积分为单位阶跃函数 $\varepsilon(t)$。

$$\varepsilon(t)=\int_{-\infty}^{t}\delta(\tau)\mathrm{d}\tau=\begin{cases}0, t<0\\1, t>0\end{cases}$$

②单位阶跃函数 $\varepsilon(t)$ 的导数是单位冲激函数。

$$\delta(t)=\frac{\mathrm{d}\varepsilon(t)}{\mathrm{d}t}$$

(4)冲激函数的性质

1)采样性质

$$f(t)\delta(t)=f(0)\delta(t)$$

若对上式求定积分，即

$$\int_{-\infty}^{\infty}f(t)\delta(t)\mathrm{d}t=\int_{-\infty}^{\infty}f(0)\delta(t)\mathrm{d}t$$

$$=f(0)\int_{-\infty}^{\infty}\delta(t)\mathrm{d}t=f(0)$$

上式表述了单位冲激函数的采样(筛选)性质，这是 $\delta(t)$ 最本质的性质。

2)$\delta(t)$ 是偶函数

$$\delta(-t)=\delta(t)$$

3)单位冲激函数的导数及其性质

①冲激偶定义。$\delta(t)$ 的一阶导数用 $\delta'(t)$ 表示，称为单位冲激偶，简称冲激偶。对冲激偶进行积分等于零，即

$$\int_{-\infty}^{\infty}\delta'(t)\mathrm{d}t=0$$

②冲激偶是奇函数，即

$$\delta'(-t)=-\delta'(t)$$

③冲激偶函数的加权性

$$f(t)\delta'(t)=f(0)\delta'(t)-f'(0)\delta(t)$$

④冲激偶函数的采样性

$$\int_{-\infty}^{\infty}f(t)\delta'(t)\mathrm{d}t=-f'(0)$$

推广之,有

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t)\delta'(t-t_0)\,\mathrm{d}t = -f'(t_0)$$

1.2.5　系统的描述

描述系统的基本运算单元为加法器、数乘器、积分器(连续系统使用)和延迟单元(离散系统使用)。

如果已知描述系统的框图,列写微分方程的一般步骤为:

①选中间变量 $x(t)$。设其最右端积分器的输出为 $x(t)$。

②写出各加法器输出信号的方程。

③消去中间变量 $x(t)$。

1.2.6　系统的分类和特性

(1)系统分类

不同类型的系统,其系统分析的过程是一样的,但系统的数学模型不同,其分析方法也就不同。通常把系统分为连续系统与离散系统;动态系统与静态系统;动态系统与静态系统;线性系统与非线性系统;时变系统与时不变系统。

(2)线性特性

线性特性要求系统同时具有叠加性和齐次性。综合表示系统的线性特性为:

若

$$f_1(t) \rightarrow y_1(t), f_2(t) \rightarrow y_2(t)$$

则对于任意常数 a 和 b,有

$$af_1(t) + bf_2(t) \rightarrow ay_1(t) + by_2(t)$$

同时满足叠加性和齐次性的系统称为线性系统,否则系统称为非线性系统。

(3)时不变特性

系统的参数都是常数且不随时间变化,则称该系统为时不变系统,也称非时变系统、常参系统、定常系统等。

若激励 $f(t)$ 在某个时刻接入时响应为 $y(t)$,当激励延迟 t_0 作用时,它所引起的响应也延迟相同的时间 t_0,即 $f(t-t_0) \rightarrow y(t-t_0)$。

(4)因果性

一个系统,如果在任意时刻的输出只取决于当前时刻和过去时刻的输入信号值,而与后续的输入信号无关,则称该系统为因果系统。

(5)稳定性

当系统的输入信号为有界信号时,输出信号也是有界的,则该系统是稳定的,称为稳定系统;否则系统为不稳定系统。即若激励 $|f(\cdot)|<\infty$,其系统响应 $|y(\cdot)|<\infty$,则称系统是稳定的。

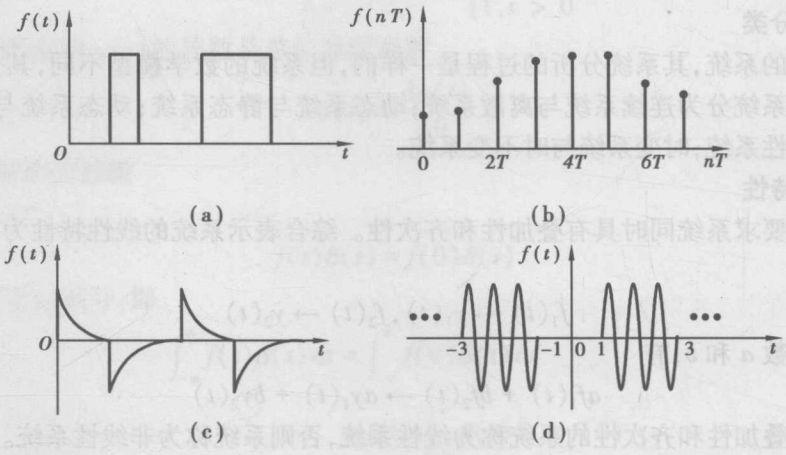
1.3 课后习题1全解

1.什么是连续信号？什么是离散信号？

解 在连续时间范围内($-\infty<t<\infty$)有定义的信号称为连续时间信号，简称为连续信号。这里的“连续”是指函数的定义域——时间(或其他量)是连续的。信号的值域可以是连续的，也可以是不连续的。

仅在一些离散的瞬间才有定义的信号称为离散时间信号，简称离散信号。这里的“离散”是指信号的定义域——时间(或其他量)是离散的，它只取某些规定的值。

2.题图1.1所示信号中，哪些是连续信号？哪些是离散信号？哪些是周期信号？哪些是非周期信号？



题图1.1

解 图(a)为连续非周期信号；图(b)为离散非周期信号；图(c)为连续非周期信号；图(d)为连续周期信号。

3.判断下列信号是否为周期信号，如果是周期信号，试确定其周期。

(1)$f(t)=3\cos(2t)+2\cos(\pi t)$　　(2)$f(t)=|\cos(2t)|$

(3)$f(t)=\cos\left(\frac{\pi}{2}t\right)+\cos\left(\frac{\pi}{3}t\right)+\cos\left(\frac{\pi}{6}t\right)$　　(4)$f(n)=\cos(0.3\pi n)$

解 (1)因为$3\cos(2t)$是周期为$T_1=2\pi/2=\pi$的周期信号；因为$2\cos(\pi t)$是周期为$T_2=2\pi/\pi=2$的周期信号；由于一个无理数与一个有理数不存在公倍数，故$f(t)$不是一个周期信号，或者说，其周期无穷大。故$f(t)=3\cos(2t)+2\cos(\pi t)$为非周期信号。

(2)$f(t)=|\cos(2t)|$为周期信号，$T=\pi/2$。

(3)信号$f(t)=\cos\left(\frac{\pi}{2}t\right)+\cos\left(\frac{\pi}{3}t\right)+\cos\left(\frac{\pi}{6}t\right)$中，显然$\cos\left(\frac{\pi}{2}t\right)$、$\cos\left(\frac{\pi}{3}t\right)$、$\cos\left(\frac{\pi}{6}t\right)$都是周期信号，其周期分别为$T_1=4$，$T_2=6$，$T_3=12$，它们最小公倍数为12，故该信号为周期信号，

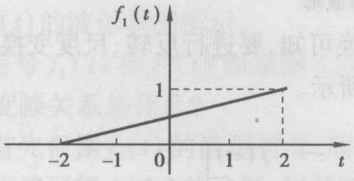
$T=12$。

(4)对于$f(n)=\cos(0.3\pi n)$离散信号，$N=\dfrac{2\pi}{\beta}=\dfrac{N}{M}=\dfrac{20}{3}$，$N=\dfrac{20M}{3}=20$，所以该信号为周期信号，周期$N=20$。

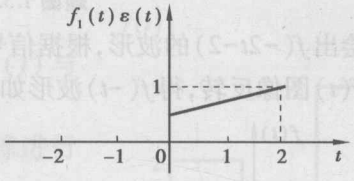
4.信号$f_1(t)$的波形如题图 1.2 所示，绘出$f_2(t)=f_1(t-1)\varepsilon(t-1)$的波形。

解　首先绘出$f_1(t)\varepsilon(t)$的波形，如题图 1.2.1 所示。

利用信号基本变换的平移性质将$f_1(t)\varepsilon(t)$的图像右移 1 个单位，绘出$f_2(t)=f_1(t-1)\varepsilon(t-1)$的波形，如题图 1.2.2 所示。

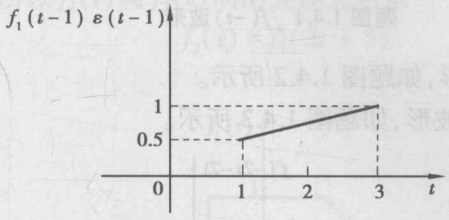


题图 1.2

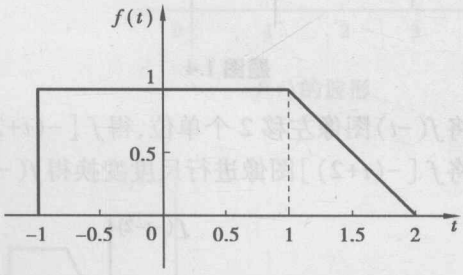


题图 1.2.1

5.已知$f(t)$的波形如题图 1.3 所示，绘出$f(5-2t)$的波形。



题图 1.2.2　$f_2(t)$的波形

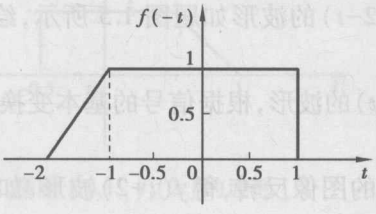


题图 1.3

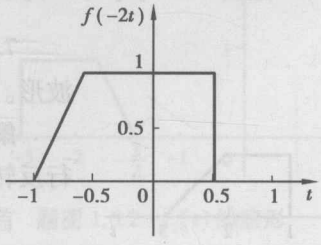
解　要绘出$f(5-2t)$的波形，要进行反转、尺度变换和平移。

首先将$f(t)$图像反转，得$f(-t)$波形，如题图 1.3.1 所示。

将$f(-t)$图像进行尺度变换得$f(-2t)$波形，如题图 1.3.2 所示。



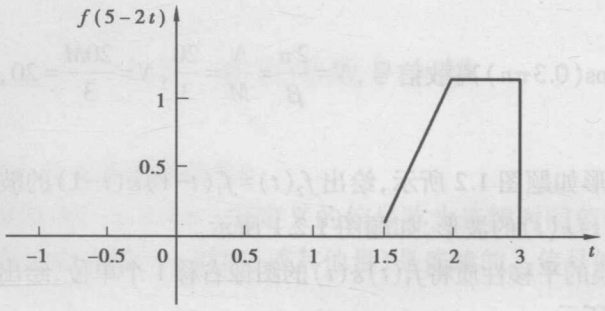
题图 1.3.1



题图 1.3.2

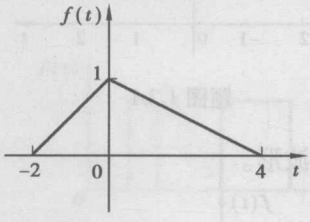
$f(-2t)$图像右移$\dfrac{5}{2}$，得$f\left[-2\left(t-\dfrac{5}{2}\right)\right]$的波形，如题图 1.3.3 所示。

6.已知信号$f(t)$如题图 1.4 所示，绘出$f(-2t-2)$的波形。

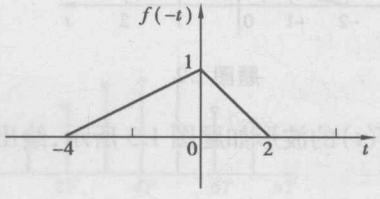


题图 1.3.3　$f(5-2t)$的波形

解　要绘出$f(-2t-2)$的波形，根据信号的基本变换可知，要进行反转、尺度变换和平移。首先将$f(t)$图像反转，得$f(-t)$波形如题图 1.4.1 所示。



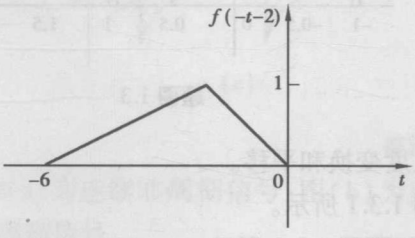
题图 1.4



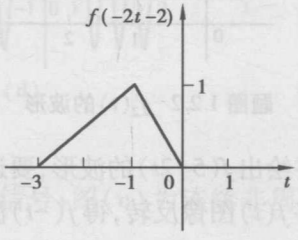
题图 1.4.1　$f(-t)$波形

将$f(-t)$图像左移 2 个单位，得$f[-(t+2)]$波形，如题图 1.4.2 所示。

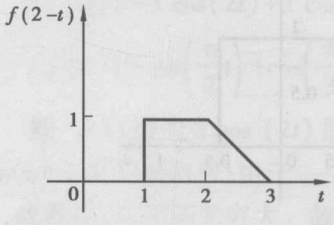
将$f[-(t+2)]$图像进行尺度变换得$f(-2t-2)$波形，如题图 1.4.3 所示。



题图 1.4.2　$f[-(t+2)]$波形



题图 1.4.3　$f(-2t-2)$的波形



题图 1.5

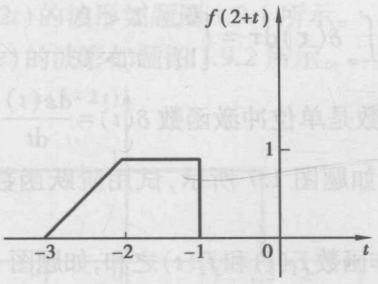
7.已知信号$f(2-t)$的波形如题图 1.5 所示，绘出$f(t)$的波形。

解　要绘出$f(t)$的波形，根据信号的基本变换可知，要进行反转和平移。

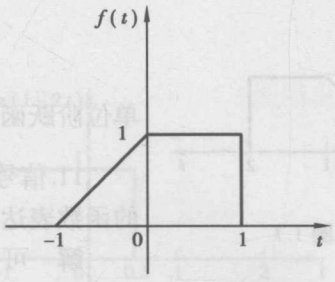
首先将$f(2-t)$的图像反转，得$f(t+2)$波形，如题图 1.5.1 所示。

将$f(t+2)$的图像右移 2 个单位，得$f(t)$波形，如题图1.5.2 所示。

8.若$f(t)=2\varepsilon(t)-\varepsilon(t-1)+2\varepsilon(t-2)-3\varepsilon(t-3)$，绘出$f(t)$的波形。



题图 1.5.1　$f(t+2)$波形



题图 1.5.2　$f(t)$波形

解　$f(t)$的波形如图所示。

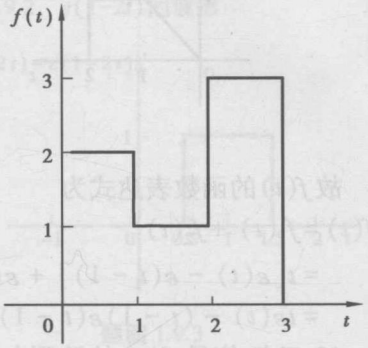
9.两信号$f_1(t)$和$f_2(t)$如题图 1.6 所示，则$f_1(t)$与$f_2(t)$间的变换关系是什么？

解　首先根据$f_2(t)$的波形可知，将$f_1(t)$的图像进行尺度变换压缩可得$f_1(2t)$的波形，如题图 1.6.1 所示。

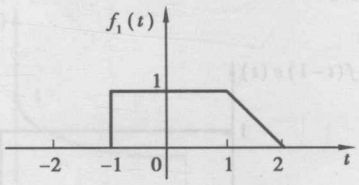
将$f_1(2t)$的图像左移 2.5 个单位，即得$f_1\left[2\left(t+\frac{5}{2}\right)\right]$的图像，如题图 1.6.2 所示。

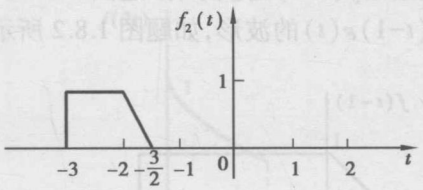
所以$f_1(t)$与$f_2(t)$间的变换关系是

$$f_2(t)=f_1(2t+5)$$

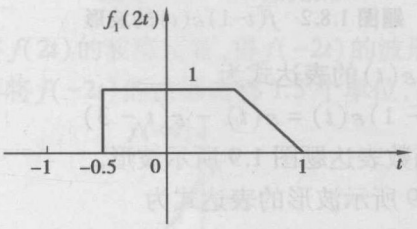


$f(t)$的波形

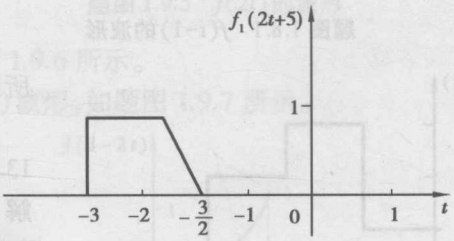




题图 1.6



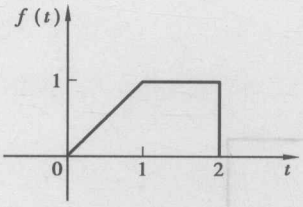
题图 1.6.1　$f_1(2t)$的波形



题图 1.6.2　$f_2(t)$的波形

10.什么是单位冲激函数？什么是单位阶跃函数？它们的关系是什么？

解　阶跃函数和冲激函数不同于普通函数，称为奇异函数（定义见教材）。单位冲激函数$\delta(t)$的积分为单位阶跃函数$\varepsilon(t)$，即



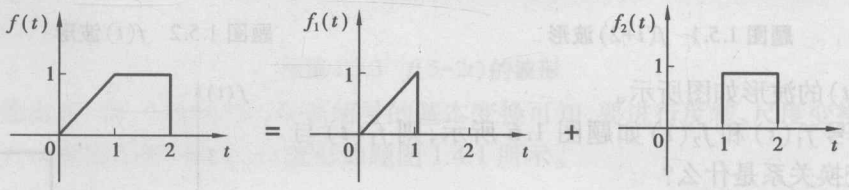
题图 1.7

$$\varepsilon(t)=\int_{-\infty}^{t}\delta(\tau)\mathrm{d}\tau=\begin{cases}0, & t<0\\ 1, & t>0\end{cases}$$

单位阶跃函数 $\varepsilon(t)$ 的导数是单位冲激函数 $\delta(t)=\dfrac{\mathrm{d}\varepsilon(t)}{\mathrm{d}t}$。

11. 信号 $f(t)$ 的波形如题图 1.7 所示，试用阶跃函数写出 $f(t)$ 的函数表达式。

解 可以将波形看作函数 $f_1(t)$ 和 $f_2(t)$ 之和，如题图 1.7.1 所示。

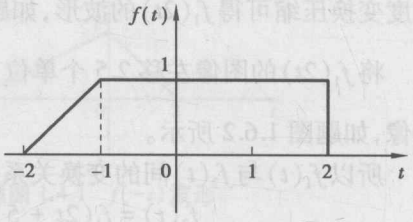


题图 1.7.1

故 $f(t)$ 的函数表达式为

$$\begin{aligned}f(t)&=f_1(t)+f_2(t)\\&=t[\varepsilon(t)-\varepsilon(t-1)]+\varepsilon(t-1)-\varepsilon(t-2)\\&=t\varepsilon(t)-(t-1)\varepsilon(t-1)-\varepsilon(t-2)\end{aligned}$$

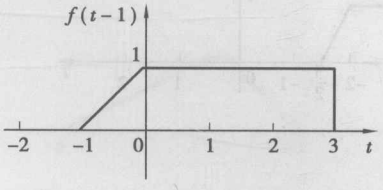
12. 已知信号 $f(t)$ 的波形如题图 1.8 所示，写出 $f(t-1)\varepsilon(t)$ 的表达式。



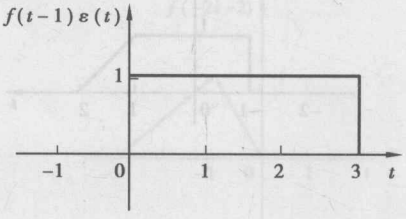
题图 1.8

解 首先绘出 $f(t-1)$ 的波形，如题图 1.8.1 所示。

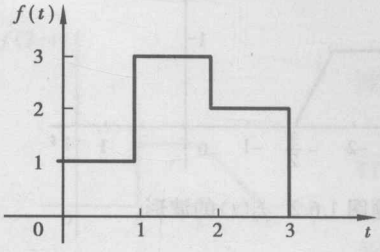
再绘出 $f(t-1)\varepsilon(t)$ 的波形，如题图 1.8.2 所示。



题图 1.8.1 $f(t-1)$ 的波形



题图 1.8.2 $f(t-1)\varepsilon(t)$ 的波形



题图 1.9

所以 $f(t-1)\varepsilon(t)$ 的表达式为

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

13. 用阶跃函数表达题图 1.9 所示波形。

解 题图 1.9 所示波形的表达式为

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

14. 已知函数 $f(t)=\mathrm{e}^{-t}[\varepsilon(t)-\varepsilon(t-2)]$，写出 $f(3-2t)$ 的数学表达式。

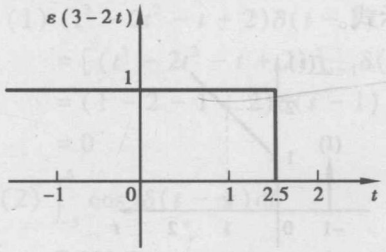
解 ①方法一

可由直接复合函数方法，得

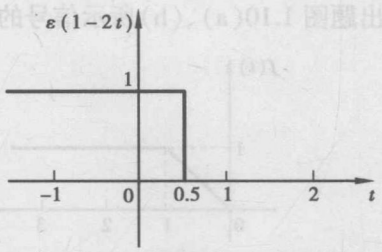
$$f(3-2t)=\mathrm{e}^{2t-3}[\varepsilon(3-2t)-\varepsilon(1-2t)]$$

其中，$\varepsilon(3-2t)$的波形如题图 1.9.1 所示。

$\varepsilon(1-2t)$的波形如题图 1.9.2 所示。



题图 1.9.1



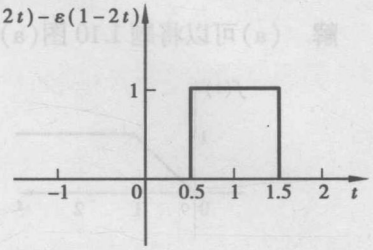
题图 1.9.2　$\varepsilon(1-2t)$的波形

$\varepsilon(3-2t)-\varepsilon(1-2t)$的波形如题图 1.9.3 所示。

故 $\varepsilon(3-2t)-\varepsilon(1-2t)=\varepsilon\left(t-\dfrac{1}{2}\right)-\varepsilon\left(t-\dfrac{3}{2}\right)$

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

$\mathrm{e}^{2t-3}\left[\varepsilon\left(t-\dfrac{1}{2}\right)-\varepsilon\left(t-\dfrac{3}{2}\right)\right]$

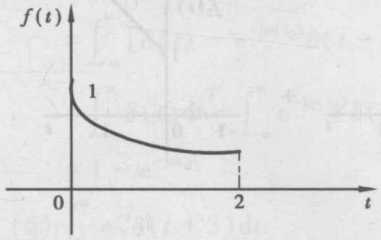


题图 1.9.3

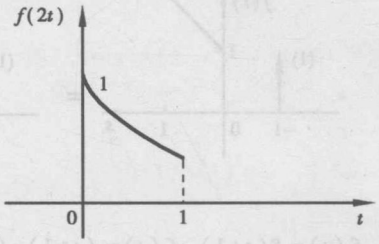
②方法二

$f(t)=\mathrm{e}^{-t}[\varepsilon(t)-\varepsilon(t-2)]$的波形如题图 1.9.4 所示。

将$f(t)$的波形压缩，得$f(2t)$的波形，如题图 1.9.5 所示。



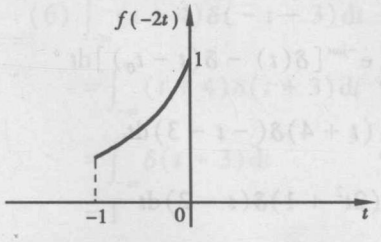
题图 1.9.4　$f(t)$的波形



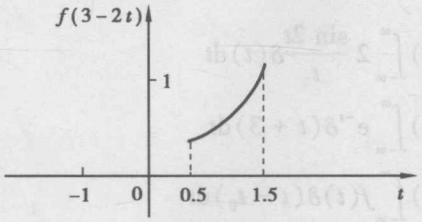
题图 1.9.5　$f(2t)$的波形

将$f(2t)$的波形反转，得$f(-2t)$的波形，如题图 1.9.6 所示。

再将$f(-2t)$的波形右移 1.5 个单位，得$f(3-2t)$波形，如题图 1.9.7 所示。



题图 1.9.6　$f(-2t)$的波形



题图 1.9.7　$f(3-2t)$波形

所以$f(3-2t)$的数学表达式为