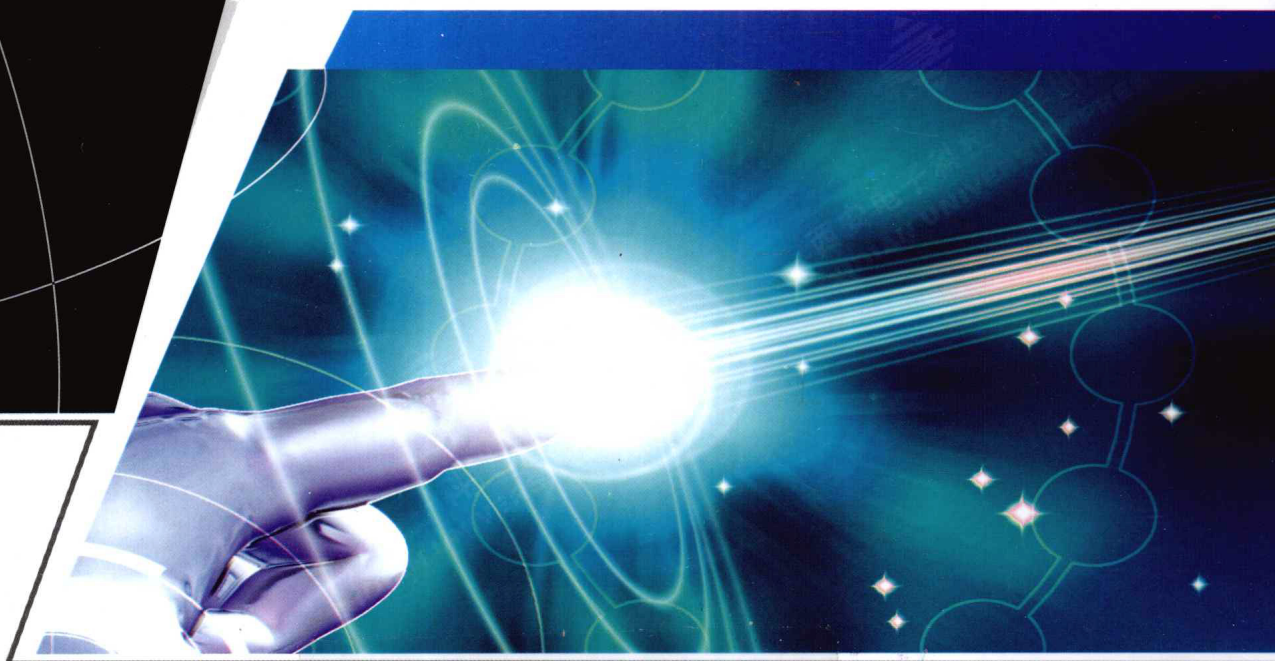




高职高专电子信息类“十二五”规划教材

信号与系统

杨 勇 主编



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>



教育部推荐教材 十二五规划教材

信号与系统

第二版



清华大学出版社
Tsinghua University Press

高职高专电子信息类“十二五”规划教材

信号与系统

杨 勇 主编

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书是针对高职教育的特点,结合多年来高职课程教学的实践和经验编写而成的一部供电子与通信类专业使用的教材。

全书共7章,主要内容包括信号与系统概述、连续时间系统的时域分析、连续时间系统的频域分析、连续时间系统的复频域分析、离散时间系统的时域分析、离散时间系统的 z 域分析—— z 变换及MATLAB在信号与系统中的应用。

全书内容简洁,循序渐进,深入浅出,体现了现代教育手段的应用。

本书可作为高等职业技术类院校电子与通信类专业的教科书,也可供相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

信号与系统/杨勇主编.

—西安:西安电子科技大学出版社,2011.3

高职高专电子信息类“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2476 - 1

I. ① 信… II. ① 杨… III. ① 信号系统—高等学校:技术学校—教材

IV. ① TN911.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 181901 号

策 划 毛红兵

责任编辑 杨宗周 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2011年3月第1版 2011年3月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 13.25

字 数 307千字

印 数 1~3000册

定 价 18.00元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2476 - 1/TN · 0574

XDUP 2768001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

西安电子科技大学出版社
高职高专电子信息类“十二五”规划教材
编审专家委员会名单

主任：杨 勇

副主任：张小虹

成 员：（按姓氏笔画排列）

马 琳	王 平	王宏军	丛迎九
卢庆林	李常峰	李德家	李文森
刘 勇	张玉莲	张 伟	郭亚红
战德刚	段智毅	祝瑞花	栾春光
曾照香	彭丽英	雷少刚	黎 伟

项目策划：毛红兵

策 划：曹 晔 寇向宏

电子教案：马武装

前 言

信号与系统是电子与通信类专业的一门重要的专业基础课，也是一门理论性和系统性很强的课程，它涉及到的知识点较多，有广泛的实际工程应用背景，比较抽象。因而要全面掌握这门课程的内容，必须有足够数量及类型的练习作保证。本书结合近几年教学内容和教学方法改革的成果，在编写上遵循精选内容、加强实践、培养能力、突出应用的原则，力求以技术能力为主线，体现实用性、先进性、适用性。在原理及性质介绍上尽量做到直观、通俗，淡化公式推导，注重应用。本书在例题、习题的数量和类别上做了较大改进，从传统的计算型习题，变成了主、客观兼有的习题。用不同层次的习题加强与正文内容的密切配合，有利于读者更好地理解这门课程的基本内容。

MATLAB 在信号处理领域中已占据重要地位。为了使学生能尽早熟悉 MATLAB，本书引入了 MATLAB 软件，使学生对信号与系统的概念和理论有一个直观的认识，同时也培养学生利用计算机解决实际问题的能力，提高学习兴趣。

另外，为了提高信号与系统的实践性，增强它的可理解性，本书在书末增加了相关理论的实训内容，以加深读者对信号与系统基本原理、方法及应用的理解决。

全书内容取舍得当，重点突出，既注重教材的基础性，又体现出时代气息。注重实际应用，略去了一些陈旧内容并减少了数学推导。在叙述上，本书采用循序渐进的方法，力求使理论阐述通俗易懂。

全书由西安航空技术高等专科学校杨勇教授主编。其中第 1、3 章由威海职业学院袁兆刚编写，第 2 章由威海职业学院王秀娟编写，第 4 章由西安航空技术高等专科学校肖军、杨勇共同编写，第 5、6 章由武警工程学院王为民编写，第 7 章和附录 A 的实训内容由西安航空技术高等专科学校翟维编写。全书由解放军理工大学张小虹教授担任主审。编写过程中，信号与系统课程的老师对本书编写工作给予了许多支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

限于编者水平，书中若有不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者
2010 年 12 月

目 录

第 1 章 信号与系统概述	1
1.1 信号	1
1.1.1 信号的基本分类	1
1.1.2 信号的基本运算及波形变换	3
1.2 系统	7
1.2.1 系统的定义及描述	7
1.2.2 系统的特性及分类	7
1.2.3 系统模拟与相似系统	8
习题 1	10
第 2 章 连续时间系统的时域分析	12
2.1 线性连续系统的描述及其响应	12
2.1.1 线性连续系统的描述	12
2.1.2 系统的响应——微分方程的经典解	13
2.1.3 零输入响应和零状态响应	16
2.2 奇异信号	18
2.2.1 奇异信号的时域描述	18
2.2.2 冲激信号的特点及物理意义	21
2.3 冲激响应与阶跃响应	23
2.3.1 冲激响应	23
2.3.2 阶跃响应	24
习题 2	25
第 3 章 连续时间系统的频域分析	27
3.1 复指数函数的正交性与傅立叶级数	27
3.1.1 复指数函数的正交	27
3.1.2 傅立叶级数	27
3.1.3 傅立叶级数的指数形式及物理意义	30
3.2 周期信号的频谱及特点	31
3.3 非周期信号的频谱	35
3.3.1 非周期信号的频谱密度函数	35
3.3.2 常见信号的频谱分析	36
3.4 傅立叶变换的性质	40
3.5 线性非时变系统的频域分析	45
3.5.1 频域分析	45
3.5.2 无失真传输	47
3.5.3 理想低通滤波器	48
习题 3	50

第 4 章 连续时间系统的复频域分析	52
4.1 拉普拉斯变换	52
4.1.1 拉普拉斯变换的定义	52
4.1.2 常用信号的拉普拉斯变换	54
4.2 拉普拉斯变换的性质	55
4.3 拉普拉斯反变换	60
4.4 连续时间系统的复频域分析法	64
4.4.1 微分方程 s 域解法	64
4.4.2 电路的 s 域模型解法	66
4.5 系统函数	71
4.5.1 系统函数的概念	71
4.5.2 系统函数与 s 域分析法	73
4.6 连续时间系统的特性	75
4.6.1 系统的零极点与系统的因果性、稳定性	75
4.6.2 系统函数与时域响应	78
4.6.3 系统函数与频率响应	81
习题 4	85
第 5 章 离散时间系统的时域分析	91
5.1 离散时间信号	91
5.1.1 连续信号的取样	91
5.1.2 离散时间信号的表示	94
5.1.3 序列间的运算	94
5.1.4 常用的典型序列	97
5.2 离散时间系统	99
5.2.1 离散时间系统的差分方程	99
5.2.2 零输入响应与零状态响应	100
5.2.3 离散信号卷积和	102
5.2.4 单位响应	103
5.3 卷积和求零状态响应	104
5.3.1 离散序列的分解	104
5.3.2 卷积和求零状态响应	104
习题 5	104
第 6 章 离散时间系统的 z 域分析——\mathcal{Z} 变换	107
6.1 \mathcal{Z} 变换	107
6.1.1 \mathcal{Z} 变换及其收敛域	107
6.1.2 典型信号的 \mathcal{Z} 变换	110
6.2 \mathcal{Z} 变换的性质	112
6.3 \mathcal{Z} 反变换	120
6.4 离散时间系统的系统函数	127
6.4.1 系统函数的计算	127
6.4.2 由零极点图确定系统的频率响应	129
6.4.3 利用 \mathcal{Z} 变换分析离散系统	132

6.5 \mathcal{Z} 变换在数字滤波器中的应用	134
习题 6	136
第 7 章 MATLAB 在信号与系统中的应用	139
7.1 MATLAB 使用基础	139
7.1.1 MATLAB 的启动	139
7.1.2 MATLAB 的工作环境	140
7.2 MATLAB 的基本操作	140
7.2.1 命令窗口及基本操作	140
7.2.2 MATLAB 中矩阵的输入方法	141
7.2.3 M 文件的使用	142
7.3 MATLAB 用于连续时间系统的时域分析	145
7.3.1 常用连续信号的实现	145
7.3.2 连续时间信号的基本运算与波形变换	151
7.3.3 连续时间系统的冲激响应和阶跃响应	154
7.3.4 连续时间信号的卷积运算	155
7.3.5 连续时间系统的零输入响应和零状态响应	157
7.4 MATLAB 用于连续时间系统的频域分析	158
7.4.1 周期信号的分解与合成——傅立叶级数	158
7.4.2 周期信号的频谱	160
7.4.3 非周期信号的频谱——傅立叶变换	162
7.4.4 傅立叶变换性质用 MATLAB 实现	165
7.4.5 MATLAB 计算系统的频率响应	171
7.5 MATLAB 用于连续时间系统的 s 域分析	172
7.5.1 利用 MATLAB 绘制连续时间系统的零极点图	172
7.5.2 利用 MATLAB 实现拉普拉斯正、反变换	174
7.5.3 利用 MATLAB 绘制系统的频率特性曲线	177
7.5.4 利用 MATLAB 实现几何矢量作图法绘制系统频率响应曲线	177
7.6 离散时间信号与系统的时域分析用 MATLAB 实现	182
7.6.1 离散时间序列的 MATLAB 实现	182
7.6.2 卷积和的 MATLAB 实现	182
7.6.3 由差分方程求解离散时间系统响应的 MATLAB 实现	183
7.7 离散时间信号与系统的 z 域分析及 MATLAB 实现	185
7.7.1 利用 MATLAB 实现 \mathcal{Z} 正、反变换	185
7.7.2 离散时间系统频率响应的 MATLAB 实现	185
7.7.3 离散时间系统零极点分布图和系统幅频响应的 MATLAB 实现	186
附录 A 实训	188
实训 1——连续时间系统的模拟	188
实训 2——信号频谱分析	190
实训 3——线性时不变 LTI 系统频率特性分析	192
实训 4——取样定理与信号恢复	193
附录 B 习题答案	196
参考文献	202

第1章 信号与系统概述

本章将首先介绍信号的概念、信号的基本分类，信号的基本运算和波形变换规则；然后介绍系统的定义，系统的特性和系统的分类；最后介绍系统的数学模型和系统的框图表示方法。

1.1 信号

广义地说，信号就是随时间和空间变化的某种物理量。例如，在通信工程中一般将语音、文字、图像、数据等统称为消息，在消息中包含着一定的信息。通信就是从一方向另一方传送消息，给对方以信息。但传送消息必须借助于一定形式的信号(如光信号、电信号等)才能传送。因而，信号是消息的载体，是消息的表现形式，是通信的客观对象，而消息则是信号的内容。

若信号表现为电压、电流、电荷、磁链，则称为电信号，它是现代技术中应用最为广泛的信号。信号通常是时间变量 t 的函数。信号随时间变量 t 变化的函数曲线称为信号的波形。信号的描述方式主要有两种：一种是解析函数表达形式，另一种是图像表达形式。信号的独立变量与其函数的关系是多种形式的，若以时间特征量作为自变量来表示信号，则称之为时域表示法，即把一个信号随时间变化的规律用 $f(t)$ 的解析函数表达式描述出来，或通过图像的形式描述出来。

若以频率特征量作为自变量来描述信号，则称之为频域表示法，这种信号既可以用解析函数表示也可以用图像表示。

1.1.1 信号的基本分类

由语音、图像、数码等形成的电信号，其形式是多种多样的，根据其本身的特征，可以进行如下分类。

1. 确定信号与随机信号

如果信号可以表示为一个或几个自变量的确定函数，则称此信号为确定信号，例如正弦信号、阶跃信号等。

如果一个信号在发生之前无法确定它的波形，即该信号没有确定的函数表达式，而只能预测该信号对某一数值的概率，这样的信号称之为随机信号。信息传输过程中的信号严格说来都是随机的，因为这种信号包含着干扰和噪声。

2. 周期信号与非周期信号

如果一个信号每隔固定的时间 T 精确地再现该信号的本身则称为周期信号。周期信号

的特点是：既周而复始又无始无终。一个时间周期信号的表达式为

$$f(t) = f(t \pm nT) \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

满足此式的最小 T 值为信号的周期。只要给出该信号在一个周期内的变化过程，便可以确定它在任一时刻的数值。通信系统中测试所采用的正弦波，雷达中的矩形脉冲等都是周期信号。

非周期信号则具有无固定时间长度的周期。如语音波形、开关启闭所造成的瞬态等都是非周期信号。

3. 连续信号与离散信号

连续信号也可称为模拟信号，如果一个信号在所讨论的时间内，除有限个间断点外都有定义，即能够表示为连续时间 t 的函数，便称此信号在此时间范围内为连续时间信号，简称连续信号，用 $f(t)$ 表示。如生物的生长与时间的关系、一年四季温度的变化等，这些都是随连续时间 t 变化的连续时间信号。

在某些离散的时刻有定义的信号称为离散时间信号，简称离散信号，又称为离散序列，通常用函数 $f(n)$ 表示。在离散信号中，相邻离散时刻的间隔可以是相等的，也可以是不相等的，在这些离散时刻以外的时间信号无定义。如电传打字机输出的电信号、电子计算机输出的脉冲信号都是离散信号。离散时间信号中时间离散、幅值连续的信号称为抽样信号；经过量化后的离散信号，其时间和幅值均离散，称为数字信号。图 1-1(a) 所示信号为连续信号，而图 1-1(b) 所示信号为离散信号。

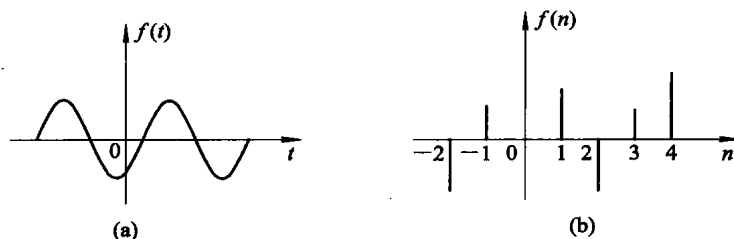


图 1-1 连续信号与离散信号

4. 能量信号与功率信号

能量信号是一个脉冲式信号，它通常只存在于有限的时间间隔内。当然还有一些信号存在于无限时间间隔内，但其能量的主要部分都集中在有限时间间隔内，对于这样的信号也称为能量信号。图 1-2 所示是某些能量信号。

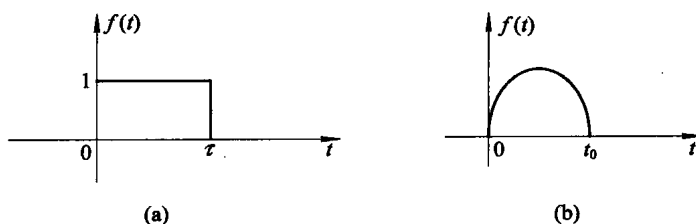


图 1-2 某些能量信号

为了了解信号能量或功率特性，常常研究信号 $f(t)$ (电压或电流) 在单位电阻上消耗的能量或功率。

在 $(-\infty, \infty)$ 区间信号的平均功率 P 为

$$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f^2(t) dt$$

在 $(-\infty, \infty)$ 区间信号的能量 E 为

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} f^2(t) dt$$

如果信号 $f(t)$ 的能量有界, 即 $0 < E < \infty$, 而平均功率 $P = 0$, 则它就是能量信号, 例如单脉冲信号。如果信号 $f(t)$ 的平均功率有界, 即 $0 < P < \infty$, 而能量 E 趋于无穷大, 那么它就是功率信号, 例如周期正弦信号。如果有信号能量 E 趋于无穷大, 且功率 P 亦趋于无穷大, 那么它就是非能量非功率信号, 例如 e^{-at} 信号。也就是说, 按能量信号与功率信号分类并不能包括所有信号。

【例 1-1】 判断下列信号是能量信号还是功率信号。

(1) $f_1(t) = e^{-at} \quad a > 0, t > 0;$

(2) $f_2(t) = e^{-t}.$

解 (1)

$$E = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T}^T [e^{-a} U(t)]^2 dt = \int_{-\infty}^0 0 dt + \int_0^{\infty} e^{-2at} dt = \frac{1}{2a} e^{-2at} \Big|_0^{\infty} = \frac{1}{2a}$$

$$P = 0$$

(2)

$$E = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T}^T (e^{-t})^2 dt = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-2t} \Big|_{-\infty}^{\infty} = \infty$$

$$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} E = \infty$$

故信号 $f_1(t)$ 为能量信号, $f_2(t)$ 是一个既非能量信号又非功率信号的信号。

1.1.2 信号的基本运算及波形变换

1. 加法运算

已知信号 $f_1(t)$ 和 $f_2(t)$, 它们的和是指同一瞬时两信号的函数值对应相加所构成的“和信号”, 相加后的表达式为

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

【例 1-2】 信号 $f_1(t)$ 和 $f_2(t)$ 如图 1-3 所示, 求信号 $f_1(t)$ 与 $f_2(t)$ 之和。

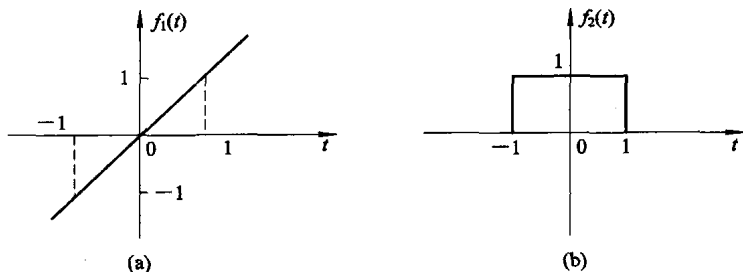


图 1-3 信号的加法

解 信号 $f_1(t)$ 与 $f_2(t)$ 的函数表达式分别为

$$f_1(t) = t, \quad -\infty < t < \infty$$

$$f_2(t) = \begin{cases} 0 & t < -1 \\ 1 & -1 < t < 1 \\ 0 & t > 1 \end{cases}$$

$f_1(t)$ 与 $f_2(t)$ 之和为

$$f(t) = f_1(t) + f_2(t) = \begin{cases} t & t < -1 \\ t+1 & -1 < t < 1 \\ t & t > 1 \end{cases}$$

2. 乘法运算

已知信号 $f_1(t)$ 和 $f_2(t)$ ，它们的积是指同一瞬时两信号的函数值对应相乘所构成的“积信号”，相乘后的表达式为

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

【例 1-3】 信号 $f_1(t)$ 和 $f_2(t)$ 如图 1-4(a) 和图(b) 所示，求信号 $f_1(t)$ 与 $f_2(t)$ 之积。

$$f_1(t) = \begin{cases} t & t < -1 \\ t+1 & -1 < t < 1 \\ t & t > 1 \end{cases}$$

$$f_2(t) = \begin{cases} 0 & t < -1 \\ t & -1 < t < 1 \\ 0 & t > 1 \end{cases}$$

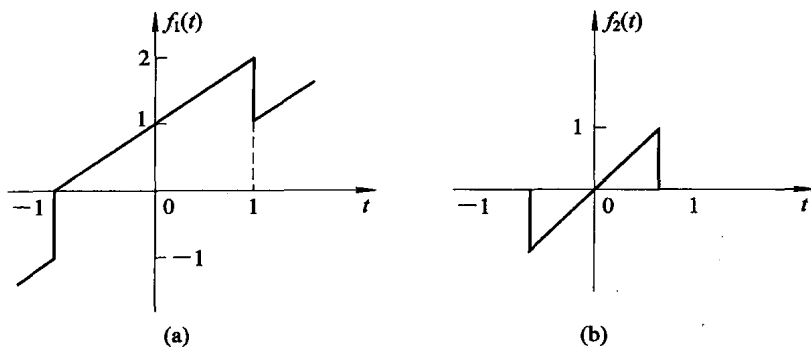


图 1-4 信号的乘法

解 $f_1(t)$ 与 $f_2(t)$ 之积为

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

$$= \begin{cases} 0 & t < -1 \\ t^2 + t & -1 < t < 1 \\ 0 & t > 1 \end{cases}$$

3. 信号的反折

信号的反折又称翻转，就是把原信号沿纵轴翻转 180° 。已知原信号 $f(t)$ ，其反折运算

后得到 $y(t)$ ，表示为

$$y(t) = f(-t)$$

上式表明，将 $f(t)$ 中的自变量 t 替换为 $(-t)$ 就得到反折信号 $f(-t)$ 。实际上，对录制好的音像信号进行倒放的过程就是对信号的反折过程，如图 1-5 所示。

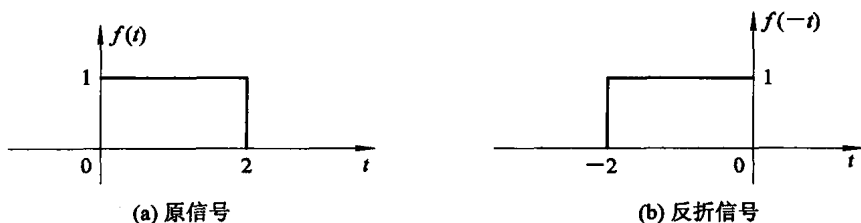


图 1-5 信号的反折

4. 信号的时移

信号的时移又称平移，是将原信号沿时间轴向左或向右移动，但波形的形状不变。原信号为 $f(t)$ ，时移后得到 $y(t)$ ，表示为

$$y(t) = f(t+b)$$

其中， b 为实常数，信号是将 $f(t)$ 平移 $|b|$ 个单位后的信号。当 $b < 0$ 时，信号滞后于 $f(t)$ ， $f(t)$ 向右平移 $|b|$ 个单位；当 $b > 0$ 时，信号超前于 $f(t)$ ，将 $f(t)$ 向左平移 b 个单位。用表达式表示时将信号 $f(t)$ 函数式中的 t 替换为 $t+b$ 。

超前可以简单地认为“时间起点(或终点)靠前”；滞后可以简单地认为“时间起点(或终点)靠后”，如图 1-6 所示。

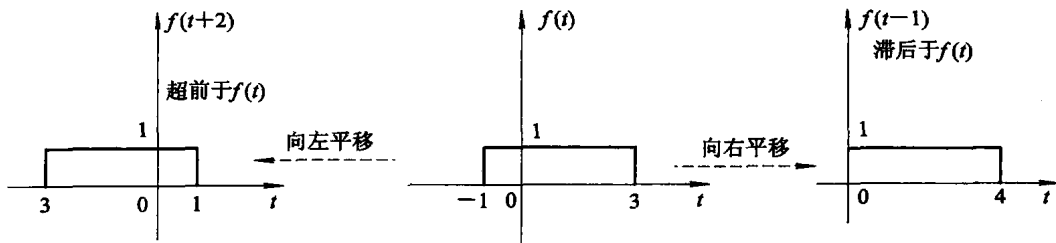


图 1-6 信号的时移

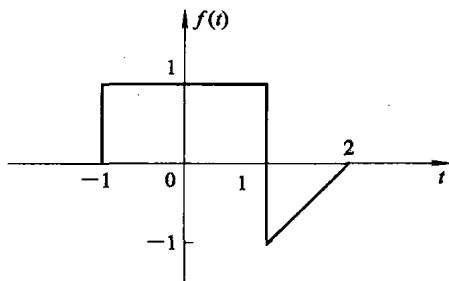
5. 信号尺度变换

信号尺度变换运算(信号压、扩运算)就是将信号由 $f(t)$ 转换成新信号 $f(at)$ 的过程，即 $f(t) \rightarrow f(at)$ ，其中 a 为压扩系数， a 为正实常数，但 $a \neq 0$ 。

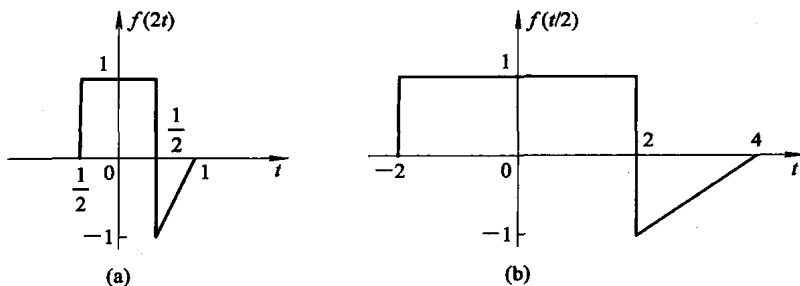
若 $a > 1$ ，则是将 $f(t)$ 的图像压缩到原来的 $1/a$ ，即得到 $f(at)$ 的图像，就是说图像压缩了；若 $0 < a < 1$ ，则是将 $f(t)$ 图像扩展 a 倍，即得到 $f(\frac{1}{a}t)$ 的图像，就是说图像展宽了。

需要注意的是，信号尺度变换运算是指在时间轴上进行图形的压缩或扩张，而在整个变换过程中信号的幅度不变。

【例 1-4】 画出图 1-7 所示信号 $f(t)$ 的尺度变换信号 $f(2t)$ 及 $f(\frac{1}{2}t)$ 。

图 1-7 原信号 $f(t)$

解 以新的时间变量 $2t$ 代替 $f(t)$ 中变量 t , 此时压扩系数 $a=2$, 因此得到 $f(2t)$ 的图像是将原信号 $f(t)$ 图像沿时间轴压缩 $\frac{1}{2}$, 如图 1-8(a) 所示。同理, 以新的时间变量 $\frac{1}{2}t$ 代替 $f(t)$ 中变量 t , 此时压扩系数 $a=\frac{1}{2}$, 则 $f(\frac{1}{2}t)$ 的图像是将原信号 $f(t)$ 图像沿时间轴扩展 1 倍, 如图 1-8(b) 所示。

图 1-8 $f(2t)$ 及 $f(\frac{1}{2}t)$ 的图像

【例 1-5】 信号 $f(t)$ 的波形如图 1-9(a) 所示。画出信号 $f(-2t+4)$ 的波形。

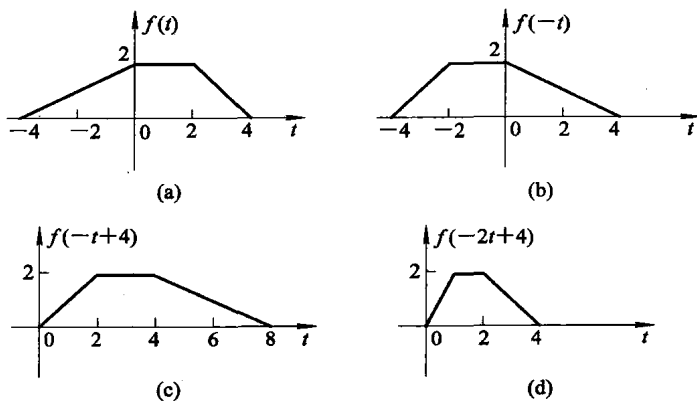


图 1-9 例 1-5 的图形

解 将信号 $f(t)$ 翻转得到 $f(-t)$, 如图 1-9(b) 所示; 然后将 $f(-t)$ 波形向右平移, 得到 $f(-t+4)$ 波形, 如图 1-9(c) 所示; 最后将 $f(-t+4)$ 波形压缩, 即得 $f(-2t+4)$ 的波形, 如图 1-9(d) 所示。也可以将信号 $f(t)$ 先向左平移, 得到 $f(t+4)$, 然后再翻转, 得到信号 $f(-t+4)$ 的波形, 最后进行尺度变换, 得到 $f(-2t+4)$ 的波形。

1.2 系 统

1.2.1 系统的定义及描述

在人们进行各种信息交换的过程中,信号与系统是密不可分的。信号是信息的载体,是系统传输和处理的客观对象。信号的产生、传输、加工处理和储存等都离不开系统,同样离开了信号,系统也将失去意义,二者相辅相成,作为一个整体存在。

广义而言,系统是一个由若干相互关联的事物组成的具有某种特定功能的整体。如宇宙、太阳系、地球、人体等属于自然系统;社会、国家、民族、政治机构、企事业管理机构等属于非物理系统;人为建立的通信系统、控制系统、计算机网络等属于物理系统。而在通信系统、控制系统、计算机网络等物理系统中,若仅传输电信号,则称之为电系统;若仅传输光信号,则称之为光系统;若既传输电信号,又传输光信号,则称之为光电系统。

电系统是指对电信号进行产生、传输、加工处理和存储的电路(网络)或设备(包括软件和硬件设备),简称系统。如由 R 、 C 组成的积分器、微分器;由 R 、 L 、 C 组成的振荡器、滤波器;由晶体管等组成的放大器、检波器、混频器、分频器、直流稳压电源、交流发电设备、雷达等。

系统表示为方框形式,如图1-10所示。系统的输入信号 $x(t)$ 称为激励信号,输出信号 $y(t)$ 称为响应信号。系统的功能是将 $x(t)$ 转变为 $y(t)$,其中输入 $x(t)$ 与输出 $y(t)$ 呈现一一对应的关系,表示为

$$y(t) = H[x(t)]$$

系统的输入与输出关系还可以简单地表示为

$$x(t) \rightarrow y(t)$$

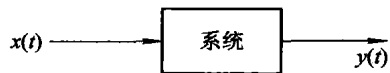


图1-10 系统的框图

同一系统在不同激励作用下,一般会产生不同的响应。不同系统在同一激励作用下,一般也会产生不同的响应,这说明系统不同,功能各异。

图1-10所示的系统只有一个输入信号,一个输出信号,称为单输入单输出系统。另外还有单输入多输出系统、多输入单输出系统和多输入多输出系统。

实际的电系统均由电子元器件组成的电路网络来构成,但是“系统分析”与“电路分析”却不同,表现在:系统分析是研究系统外部特性,关心输入与输出之间的关系,分析系统的功能和特性,并判断系统能否与给定的信号相匹配,能否完成传输和处理给定信号的任务;电路分析则是研究电路网络内部特性,关心内部的局部结构和参数,如 R 、 L 、 C 的数值和连接方式以及支路的电压、电流和功率等。

1.2.2 系统的特性及分类

为了完成对不同信号的传输和加工处理,需要不同的系统来实现,系统主要有如下分类。

1. 动态系统与非动态系统

按照是否含有存储元件,可以将系统划分为动态系统和非动态系统。

含有储能元件的系统,在某时刻 t_0 的输出,不仅与该时刻的输入有关,还与该时刻的系统状态有关,这类系统称为动态系统,又称为记忆系统。系统状态是 t_0 时刻以前的激励信号对系统作用后产生的持续性影响。

不含储能元件的系统,在某时刻 t_0 的输出仅与该时刻的输入有关,这类系统称为非动态系统,又称为即时系统。

2. 连续时间系统与离散时间系统

按照系统传输、处理的信号是连续时间信号还是离散时间信号,可将系统划分为连续时间系统和离散时间系统。

传输和处理连续时间信号的系统称为连续时间系统。由 R 、 L 、 C 组成的振荡器,以及由晶体管组成的放大器等都属于连续时间系统。

传输和处理离散时间信号的系统称为离散时间系统,如单片机和计算机等都属于离散时间系统。

在实际工程中,连续时间信号和离散时间信号往往共存于一个大系统中,因此不能明确地将该系统称为连续时间系统或离散时间系统,这类系统称为混合系统。

3. 线性系统与非线性系统

按照组成系统的元件是否为线性元件,可将系统划分为线性系统和非线性系统。由线性元件所组成的系统称为线性系统,其同时具有叠加性和齐次性。含有非线性元件的系统称为非线性系统,其不具备叠加性和齐次性。线性系统不含非线性元件,但是非线性系统可以含有线性元件。

4. 时不变系统与时变系统

按照组成系统的元件的参数是否时变,可将系统划分为时不变系统或时变系统。

如果系统内元器件的参数不随时间而变化,则称此系统为时不变系统或非时变系统,也称定长系统。如果系统内元器件的参数随时间而变化,则称此系统为时变系统或参变系统。

5. 因果系统与非因果系统

按照系统是否具有物理可实现性,可将系统分为因果系统和非因果系统。

先有起因,后有结果,在物理上可以实现的系统称为因果系统,该类系统在激励信号作用之后才会产生输出响应,激励是产生响应的原因,响应是引入激励的结果。实际的物理系统均为因果系统。

非因果系统则是先有结果,后有起因,在物理上是不可以实现的系统。非因果系统的响应出现在激励之前。

在实际的工程研究、设计与应用中,研究非因果系统的特性具有很大的意义。例如在进行实际滤波器的设计之前,应用计算机仿真技术模拟实际系统,尽量逼近理想滤波器的模型,然后再逐步考虑一些实际情况,这样既减轻了工作量,又能缩短研发周期。另外,非因果系统的研究价值还体现在预测方面,非因果特性在某种意义上说有一定的因果性,能起到重大的判断和决策作用。

1.2.3 系统模拟与相似系统

在现代工程技术的各个领域广泛使用系统模拟的方法进行性能分析,以指导工程设