

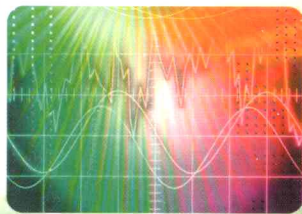


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

信号与系统

学习指导及习题全解

王明泉 主编



科学出版社

www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

信号与系统学习指导 及习题全解

王明泉 主编

郝利华 陈友兴
杜宇惠 李静怡 参编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书涵盖了“信号与系统”课程的主要内容,是普通高等教育“十一五”国家级规划教材《信号与系统》(科学出版社 2008 年)的配套辅助教材。全书共分为 8 章,内容包括:信号与系统的概述、连续时间信号与系统的时域分析、连续时间信号与系统的频域分析、连续时间信号与系统的复频域分析、连续时间信号的抽样与量化、离散时间信号与系统的时域分析、离散时间信号与系统的 z 域分析和线性系统的状态变量分析。每章包括学习要求、学习重点、知识结构、内容摘要、典型例题和习题全解。

本书可作为电子信息工程、通信工程、电子对抗、电子科学与技术等学科相关专业硕士研究生的复习用书,也可作为申请电子与通信工程学位同等学力人员的复习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

信号与系统学习指导及习题全解/王明泉主编. —北京:科学出版社, 2010.6

(普通高等教育“十一五”国家级规划教材)

ISBN 978-7-03-027993-4

I. ①信… II. ①王… 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(2010)第 113783 号

责任编辑:贾瑞娜/责任校对:张小霞

责任印制:张克忠/封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码 100717

<http://www.sciencep.com>

北京市安泰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 7 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2010 年 7 月第一次印刷 印张: 13 3/4

印数: 1—3 500 字数: 270 000

定价: 25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

“信号与系统”课程是高等院校电气信息类专业学生必修的一门专业基础课,也是此类专业硕士学位研究生入学考试的必考科目之一,主要研究信号与线性系统分析的基本概念、基本理论和基本方法。

该课程是一门理论性和系统性很强的课程。要学好这门课程,除了掌握并深刻理解课程所涉及的概念、理论和方法之外,还必须加强习题方面的训练,所以在教学活动中,例题的作用不可忽视。通过例题的分析讲解,可以加深对课程内容的理解,引导分析问题的思路,掌握基本方法的应用,巩固所学知识,有助于提高分析和解决问题的能力。

本书涵盖了“信号与系统”课程的主要内容,章节安排和作者主编的普通高等教育“十一五”国家级规划教材《信号与系统》(科学出版社 2008 年出版)一致。全书共分为 8 章,内容包括:信号与系统的概述、连续时间信号与系统的时域分析、连续时间信号与系统的频域分析、连续时间信号与系统的复频域分析、连续时间信号的抽样与量化、离散时间信号与系统的时域分析、离散时间信号与系统的 z 域分析和线性系统的状态变量分析。每章包括学习要求、学习重点、知识结构、内容摘要、典型例题和习题全解。

根据教学和考研的实际需求,本书概括了各个章节的知识点,形成了本课程的理论概要。在此基础上,精选了许多典型例题,对其中的例题部分给出了解题思路,同时给出教材全部习题的详细解题过程,让学生加深对“信号与系统”中基本概念的理解和认识,推动学生灵活、深入地掌握“信号与系统”中的基本分析方法。

本书的编写分工如下:王明泉编写了第 1 章,杜宇惠编写第 2 章,郝利华编写第 3、4 章,李静怡编写第 5、7 章,陈友兴编写第 6、8 章,全书由王明泉统稿。

在本书的编写过程中,我们参阅了较多国内外教材和著作,均列于本书的参考文献之中,在此谨向有关作者表示深切谢意!科学出版社的各位编辑与作者的愉快合作作为本书出版创造了十分有利的条件;多年来作者与各位同事经常性的讨论,以及授课过程中与学生的密切交流,对本书写作有很多重要的启发和帮助,在此表示感谢!

由于作者水平所限,编写时间比较仓促,书中难免有错误和不当之处,敬请读者批评指正。

作 者

2010 年 5 月

目 录

前言

第 1 章 信号与系统的概述	1
1.1 学习要求	1
1.2 学习重点	1
1.3 知识结构	1
1.4 内容摘要	2
1.4.1 信息、信号和系统	2
1.4.2 信号的分类与描述	2
1.4.3 常用典型信号及其基本特性	3
1.4.4 奇异信号及其基本特性	4
1.4.5 信号的基本运算及波形变换	4
1.4.6 信号的分解	5
1.4.7 系统模型、特性及分类	6
1.4.8 线性时不变系统的性质	7
1.4.9 线性时不变系统的分析方法概述	8
1.5 典型例题	8
1.6 习题全解	10
第 2 章 连续时间信号与系统的时域分析	24
2.1 学习要求	24
2.2 学习重点	24
2.3 知识结构	24
2.4 内容摘要	25
2.4.1 系统微分方程的建立	25
2.4.2 系统微分方程的求解	25
2.4.3 起始点的跳变:从 0_- 到 0_+ 状态的转换	26
2.4.4 系统的零输入响应与零状态响应	26
2.4.5 连续时间系统的冲激响应与阶跃响应	27
2.4.6 卷积积分	27
2.4.7 相关	28
2.5 典型例题	29

2.6 习题全解	31
第3章 连续时间信号与系统的频域分析	50
3.1 学习要求	50
3.2 本章重点	50
3.3 知识结构	50
3.4 内容摘要	50
3.4.1 信号的正交分解	50
3.4.2 周期信号的傅里叶级数	52
3.4.3 非周期信号的傅里叶变换	54
3.4.4 连续时间信号傅里叶变换的性质及其应用	55
3.4.5 周期信号的傅里叶变换	56
3.4.6 调制与解调	56
3.4.7 线性时不变系统的频域分析法	57
3.4.8 无失真传输	57
3.4.9 理想低通滤波器	58
3.4.10 佩利-维纳准则和实际滤波器	58
3.5 典型例题	59
3.6 习题全解	61
第4章 连续时间信号与系统的复频域分析	85
4.1 学习要求	85
4.2 本章重点	85
4.3 知识结构	85
4.4 内容摘要	86
4.4.1 拉普拉斯变换	86
4.4.2 拉普拉斯变换的性质	87
4.4.3 拉普拉斯逆变换	88
4.4.4 拉普拉斯变换与傅里叶变换的关系	89
4.4.5 线性系统的复频域分析	90
4.4.6 系统函数与系统特性	90
4.4.7 系统的稳定性	94
4.5 典型例题	94
4.6 习题全解	97
第5章 连续时间信号的抽样与量化	122
5.1 学习要求	122
5.2 学习重点	122

5.3	知识结构	122
5.4	内容摘要	123
5.4.1	时域抽样定理	123
5.4.2	频率混叠效应和信号抽样频率的选择	124
5.4.3	利用内插从样本值重建信号	124
5.4.4	频域抽样定理	125
5.4.5	连续时间信号的离散时间处理	125
5.5	典型例题	125
5.6	习题全解	126
第6章	离散时间信号与系统的时域分析	133
6.1	学习要求	133
6.2	学习重点	133
6.3	知识结构	133
6.4	内容摘要	134
6.4.1	离散时间信号的定义	134
6.4.2	常用的时间序列	134
6.4.3	序列的运算	135
6.4.4	离散卷积和	136
6.4.5	离散时间系统的差分方程建立	136
6.4.6	离散系统的求解	136
6.4.7	单位样值响应	138
6.4.8	单位阶跃响应	138
6.4.9	离散相关	138
6.5	典型例题	139
6.6	习题全解	140
第7章	离散时间信号与系统的z域分析	159
7.1	学习要求	159
7.2	学习重点	159
7.3	知识结构	159
7.4	内容摘要	160
7.4.1	z 变换	160
7.4.2	z 变换与拉普拉斯变换、傅里叶变换的关系	162
7.4.3	离散系统的系统函数及频率响应	164
7.5	典型例题	164
7.6	习题全解	167

第 8 章 线性系统的状态变量分析	186
8.1 学习要求	186
8.2 学习重点	186
8.3 知识结构	186
8.4 内容摘要	187
8.4.1 状态方程的建立	187
8.4.2 状态方程的求解	188
8.4.3 系统的可控制性和可观测性	189
8.5 典型例题	190
8.6 习题全解	194
参考文献	210

第 1 章 信号与系统的概述

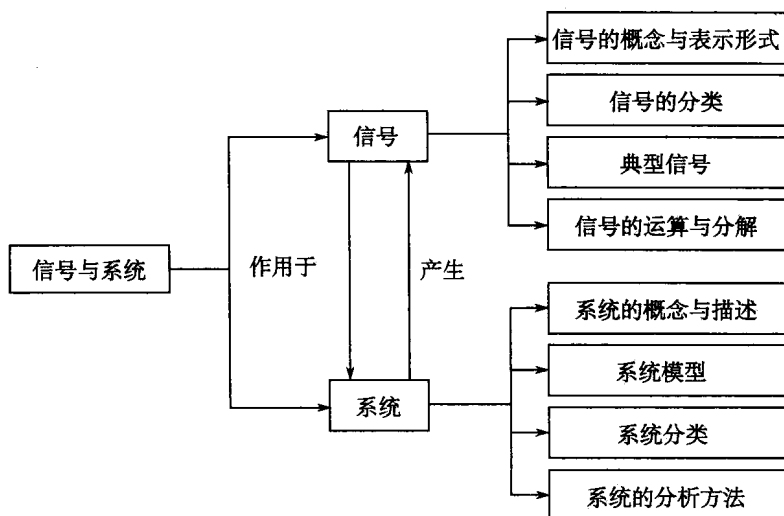
1.1 学习要求

- (1) 掌握信号与系统的基本概念；
- (2) 掌握典型的基本信号及信号的分类；
- (3) 熟练掌握奇异函数的定义及其性质；
- (4) 熟练掌握信号的基本运算与信号分解；
- (5) 理解线性时不变系统的描述、特性及分析方法。

1.2 学习重点

- (1) 信号的概念；
- (2) 信号的运算；
- (3) 线性时不变系统的概念和性质；
- (4) 冲激信号的物理意义及其性质。

1.3 知识结构



1.4 内 容 摘 要

1.4.1 信息、信号和系统

信息是指存在于客观世界的一种事物形象,一般泛指消息、情报、指令、数据和信号等有关周围环境的知识。消息是指用来表达信息的某种客观对象,如电报中的电文、电话中的声音、电视中的图像和雷达探测的目标距离等都是消息。信号是消息的表现形式,是带有信息的某种物理量,如电信号、光信号和声信号等。信号代表着消息,消息中又含有信息,因此信号可以看作是信息的载体。

系统是由若干相互作用和相互依赖的事物组合而成的具有特定功能的整体。系统是由各个不同单元按照一定的方式组成并完成某种任务的整体的总称。

1.4.2 信号的分类与描述

1. 确定性信号与随机信号

确定性信号是对于指定的某一时刻 t , 可确定相应的函数值 $f(t)$ 与之对应(有限个不连续点除外)。

随机信号不能以明确的数学表示式表示,只能知道该信号的统计特性。

2. 连续时间信号与离散时间信号

连续时间信号最明显的特点是自变量 t 在其定义域上除有限个间断点外,其余是连续可变的,简称连续信号。幅值和时间都是连续的信号又称为模拟信号。

离散时间信号是指时间(其定义域为一个整数集)是离散的,只在某些不连续的时刻给出函数值,在其他时间没有定义的信号(或称序列),简称离散信号。时间与幅值都具有离散性的信号称为数字信号。

3. 实信号与复信号

用物理方法可实现的信号都是时间的实函数,即在各时刻的函数值均为实数,统称为实信号。

复信号由实部和虚部组成,虽然在实际中不能产生复信号,但是为了便于理论分析,有时采用复信号来代表某些物理量。

4. 周期信号与非周期信号

一个连续信号 $f(t)$, 若对所有 t 均有 $f(t) = f(t + mT)$, $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, 则称 $f(t)$ 为连续周期信号,满足上式的最小 T 值称为 $f(t)$ 的周期。

当 $T \rightarrow \infty$ 时, $f(t)$ 变为非周期信号。

5. 能量信号与功率信号

能量为有限值的信号称为能量有限信号,简称能量信号。功率为有限值的信号称为功率有限信号,简称功率信号。有些信号既不属于能量信号,也不属于功率信号。

6. 普通信号与奇异信号

本身包含不连续点,或者其导数与积分存在不连续点的信号称为奇异信号。

7. 一维信号与多维信号

一维信号是由一个自变量描述的信号,多维信号是由多个自变量描述的信号。

1.4.3 常用典型信号及其基本特性

1. 正弦型信号

$$f(t) = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

式中, A 、 ω_0 和 φ 分别为正弦信号的振幅、角频率和初相位。正弦型信号是周期信号,其周期 T 、频率 f 和角频率 ω_0 之间的关系为 $T = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{1}{f}$ 。

2. 指数信号

$f(t) = Ae^{st}$, 根据式中 A 和 s 在复数域内的不同取值,有以下三种情况:若 $A = a$ 和 $s = \sigma$ 均为实常数,则 $f(t)$ 为实指数信号;若 $A = 1$, $s = j\omega$, 则 $f(t)$ 为虚指数信号;当 A 和 s 均为复数时, $f(t)$ 为复指数信号。

3. 矩形脉冲与三角脉冲

$$\text{矩形脉冲} \quad G_{\tau}(t) = \begin{cases} 1, & |t| < \tau/2 \\ 0, & |t| > \tau/2 \end{cases}$$

$$\text{三角脉冲} \quad f(t) = \begin{cases} 1 - \frac{2|t|}{\tau}, & |t| \leq \tau/2 \\ 0, & |t| > \tau/2 \end{cases}$$

4. 抽样信号

$\text{Sa}(t) = \frac{\sin t}{t}$ 为偶函数,当 $t \rightarrow \pm\infty$ 时振荡衰减至 0。当 $t = \pm n\pi$, $n = 1, 2, 3, \dots$,

$\text{Sa}(t) = 0$ 。该函数的另一表示式是辛格函数,其表示式为 $\text{sinc}(t) = \frac{\sin \pi t}{\pi t}$ 。

5. 钟形脉冲信号(高斯信号)

$f(t) = Ee^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)^2}$, 参数 τ 是当 $f(t)$ 由最大值 E 下降为 $0.78E$ 时所占据的时间宽度。

1.4.4 奇异信号及其基本特性

1. 单位斜变信号

$$f(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ t, & t \geq 0 \end{cases}$$

2. 单位阶跃信号

$$u(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 1, & t > 0 \end{cases} \quad \text{或} \quad u(t-t_0) = \begin{cases} 0, & t < t_0 \\ 1, & t > t_0 \end{cases}$$

3. 单位冲激信号

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

具有如下性质:

(1) 抽样特性: $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) f(t) dt = f(0);$

(2) 偶函数性质: $\delta(t) = \delta(-t);$

(3) 尺度特性: $\delta(at) = \frac{1}{|a|} \delta(t);$

(4) 冲激函数和阶跃函数的关系:

$$\int_{-\infty}^t \delta(\tau) d\tau = u(t) \quad \text{或} \quad \frac{d}{dt} u(t) = \delta(t)$$

4. 冲激偶函数

冲激函数的微分为具有正、负极性的一对冲激(其强度无穷大), 称作冲激偶函数, 并且以 $\delta'(t)$ 表示。

1.4.5 信号的基本运算及波形变换

(1) 相加: $s(t) = f_1(t) + f_2(t)。$

(2) 相乘: $p(t) = f_1(t) \cdot f_2(t)$ 。

(3) 时移: $f(t) \rightarrow f(t-\tau)$, 其中 τ 为常数。若 $\tau > 0$, 则 $f(t)$ 的波形沿时间轴向右移动, 反之向左移动。

(4) 反褶: $f(t) \rightarrow f(-t)$, 将 $f(t)$ 的波形绕纵坐标轴翻转 180° 。

(5) 尺度变换: $f(t) \rightarrow f(at)$, $|a| > 1$ 时表示 $f(t)$ 沿时间轴压缩成原来的 $\frac{1}{|a|}$ 倍; $|a| < 1$ 时表示 $f(t)$ 沿时间轴扩展为原来的 $\frac{1}{|a|}$ 倍。

(6) 微分: $y(t) = \frac{d}{dt}f(t) = f'(t)$ 。

(7) 积分: $y(t) = \int_{-\infty}^t f(\tau) d\tau = f^{(-1)}(t)$ 。

(8) 对称: 如果信号满足 $f(t) = f(-t)$, 则称此信号是偶对称; 如果满足 $f(t) = -f(-t)$ 则称它是奇对称。

1.4.6 信号的分解

1. 直流分量和交流分量

设原信号为 $f(t)$, 分解为直流分量 f_D 与交流分量 $f_A(t)$, 则原信号可表示为 $f(t) = f_D + f_A(t)$ 。

2. 偶分量和奇分量

$$f(t) = f_e(t) + f_o(t)$$

式中

$$f_e(t) = \frac{1}{2}[f(t) + f(-t)], \quad f_o(t) = \frac{1}{2}[f(t) - f(-t)]$$

3. 脉冲分量

一个信号可以近似地分解成冲激信号分量之和的形式

$$f(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(\tau) \delta(t - \tau) d\tau$$

4. 实部分量和虚部分量

$$f(t) = f_r(t) + j f_i(t)$$

式中

$$f_r(t) = \frac{1}{2}[f(t) + f^*(t)], \quad j f_i(t) = \frac{1}{2}[f(t) - f^*(t)]$$

1.4.7 系统模型、特性及分类

1. 系统模型

(1) 输入-输出描述法:着眼于系统激励与响应之间的关系,并不关心系统内部变量的情况。通常,连续时间系统通常是用微分方程来描述的,而离散时间系统是用差分方程描述的。

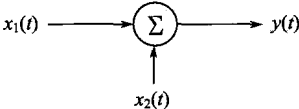
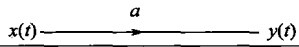
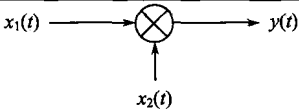
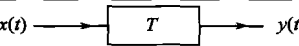
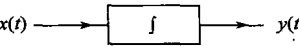
(2) 状态变量描述法:描述系统状态随时间变化的一组独立变量称为系统的状态变量。如果系统具有 n 个状态变量 $x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$, 则可将它们看成是矢量 $x(t)$ 的各个分量,称 $x(t)$ 为状态矢量,并记为

$$x(t) = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \vdots \\ x_n(t) \end{bmatrix} = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]^T$$

状态变量描述法不仅可以给出系统的响应,还可提供系统内部各变量的情况,便于多输入-多输出系统的分析。

(3) 框图表示系统模型,如表 1.4.1 所示。

表 1.4.1

名称	框图符号	输入输出关系
加法器		$y(t) = x_1(t) + x_2(t)$
数乘器		$y(t) = ax(t)$
乘法器		$y(t) = x_1(t) \cdot x_2(t)$
延时器		$y(t) = x(t - T)$
积分器		$y(t) = \int_{-\infty}^t x(\tau) d\tau$

2. 系统的分类

1) 连续时间系统与离散时间系统

若系统的输入和输出是连续时间信号,且其内部也未转换为离散时间信号,称该系统为连续时间系统。若系统的输入、输出信号都是离散时间信号,且其内部也未转换为连续时间信号,称该系统为离散时间系统。两者混合组成的系统称为混合系

统。连续时间系统的数学模型是微分方程,而离散时间系统则用差分方程来描述。

2) 即时与动态系统

如果系统在任意时刻的响应仅取决于该时刻的激励,而与它过去的历史无关,则称之为即时系统(或无记忆系统)。全部由无记忆元件(如电阻)组成的系统是即时系统。如果系统在任意时刻的响应不仅与该时刻的激励有关,而且与它过去的历史有关,则称之为记忆系统(或动态系统)。含有动态元件(如电容、电感)的系统是记忆系统。

3) 集总参数与分布参数系统

集总参数系统仅由集总参数元件(如 R 、 L 、 C 等)所组成。含有分布参数元件的系统是分布参数系统(如传输线、波导等)。

4) 可逆和不可逆系统

如果一个系统对任何不同的输入都能产生不同的输出,即输入与输出是一一对应的系统称为可逆系统。如果一个系统对两个或两个以上不同的输入输出能产生相同的输出,则系统是不可逆的,称为不可逆系统。

1.4.8 线性时不变系统的性质

1. 线性性质

具有叠加性与均匀性(也称齐次性)的系统称为线性系统。即如果 $x_1(t) \rightarrow y_1(t)$, $x_2(t) \rightarrow y_2(t)$, 则 $\{ax_1(t) + bx_2(t)\} \rightarrow ay_1(t) + by_2(t)$ 。线性系统还具有如下性质:

(1) 微分特性:

$$\left\{ \frac{dx(t)}{dt} \right\} \rightarrow \frac{dy(t)}{dt}$$

(2) 积分特性:

$$\left\{ \int_0^t x(\tau) d\tau \right\} \rightarrow \int_0^t y(\tau) d\tau$$

(3) 频率保持性:

信号通过线性系统后不会产生新的频率分量。

2. 时不变性

若 $x(t) \rightarrow y(t)$, 则有 $x(t-t_d) \rightarrow y(t-t_d)$ 。

3. 因果性

一个系统,如果激励在 $t < t_0$ 时为零,相应的零状态响应在 $t < t_0$ 时也恒为零,就称该系统具有因果性,并且称这样的系统为因果系统;否则,为非因果系统。

4. 稳定性

如果一个系统对于每一个有界的输入,其输出都是有界的,则称该系统是稳定的。若其输出是无界的,则该系统是不稳定的。

1.4.9 线性时不变系统的分析方法概述

时间域方法是直接分析时间变量的函数,研究系统的时间响应特性。

变换域方法是将信号与系统模型的时间变量函数变换成相应变换域的某种变量函数。

综上所述,系统分析的过程是从实际物理问题抽象为数学模型,经数学解析后再回到物理实际的过程。

1.5 典型例题

例 1.1 下列各表示式正确的是()。

$$(a) \delta(2t) = \delta(t) \quad (b) \delta(2t) = \frac{1}{2}\delta(t) \quad (c) \delta(2t) = 2\delta(t)$$

$$(d) 2\delta(t) = \frac{1}{2}\delta(2t)$$

答案:(b)。

分析:可以采用验证法。由 $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(2t) d(2t) = 1$, 得 $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(2t) dt = \frac{1}{2}$, 所以答案(b)符合。

例 1.2 $\int_{-\infty}^t 4\sin\omega\left(\tau - \frac{\pi}{6}\right) d\tau = \underline{\hspace{2cm}}。$

答案: $2u\left(t - \frac{\pi}{6}\right)。$

分析:当 $\tau < \frac{\pi}{6}$ 时 $\delta\left(\tau - \frac{\pi}{6}\right) = 0$, 所以 $\int_{-\infty}^t 4\sin\omega\left(\tau - \frac{\pi}{6}\right) d\tau = 0$; 当 $\tau > \frac{\pi}{6}$ 时, $\int_{-\infty}^t 4\sin\omega\left(\tau - \frac{\pi}{6}\right) d\tau = \int_{-\infty}^t 4\sin\left(\frac{\pi}{6}\right)\delta\left(\tau - \frac{\pi}{6}\right) d\tau = 2\int_{-\infty}^t \delta\left(\tau - \frac{\pi}{6}\right) d\tau = 2$ 。所以,原式 $= 2u\left(t - \frac{\pi}{6}\right)。$

例 1.3 计算 $\int_{-\infty}^{+\infty} [e^{-t}\delta(t) + t\delta(t-1)] dt。$

$$\begin{aligned} \text{解: } \int_{-\infty}^{+\infty} [e^{-t}\delta(t) + t\delta(t-1)] dt &= \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-t}\delta(t) dt + \int_{-\infty}^{+\infty} t\delta(t-1) dt \\ &= e^{-t} \Big|_{t=0} + t \Big|_{t=1} = 1 + 1 = 2 \end{aligned}$$

例 1.4 计算 $\int_{-\infty}^{+\infty} 4\delta(t) \frac{\sin(2t)}{t} dt$ 。

解:
$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{+\infty} 4\delta(t) \frac{\sin(2t)}{t} dt &= \int_{-\infty}^{+\infty} 8\delta(t) \frac{\sin(2t)}{2t} dt \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} 8\delta(t) dt \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\sin(2t)}{2t} = 8 \end{aligned}$$

例 1.5 积分 $\int_{-\infty}^t e^{-2\tau} \delta(\tau) d\tau$ 等于()。

- (a) $\delta(t)$ (b) $u(t)$ (c) $2u(t)$ (d) $\delta(t) + u(t)$

答案: (b)。

分析: 考查单位冲激函数与普通函数形成及其积分等性质。

例 1.6 $f(5-2t)$ 是()运算的结果。

- (a) $f(-2t)$ 右移 5 (b) $f(-2t)$ 左移 5
(c) $f(-2t)$ 右移 $\frac{5}{2}$ (d) $f(-2t)$ 左移 $\frac{5}{2}$

答案: (c)。

分析: 考查对信号波形变换的理解。因为 $f(5-2t) = f\left[-2\left(t - \frac{5}{2}\right)\right]$, 所以是

经过 $f(-2t)$ 右移 $\frac{5}{2}$ 得到。

例 1.7 画出图 1.5.1(a) 所示信号 $f(t)$ 的偶分量 $f_e(t)$ 与奇分量 $f_o(t)$ 。

解: $f(-t)$ 的波形如图 1.5.1(b) 所示。根据

$$f_e(t) = \frac{1}{2}[f(t) + f(-t)] \quad \text{和} \quad f_o(t) = \frac{1}{2}[f(t) - f(-t)]$$

即可画出 $f_e(t)$ 和 $f_o(t)$ 的波形, 如图 1.5.1(c)、(d) 所示。

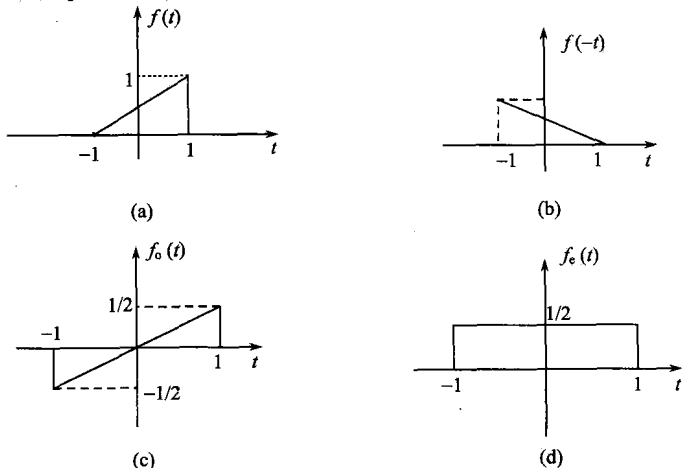


图 1.5.1