

考研辅导丛书

信号与系统

重点综述与习题详解

刘 泉 江雪梅 胡文娟



高等教育出版社

考研辅导丛书

信号与系统

重点综述与习题详解

刘泉 江雪梅 胡文娟

高等教育出版社

内容简介

本书是刘泉等编写、高等教育出版社出版的《信号与系统》教材的配套参考书,主要对每章基本概念和理论进行了重点综述,并对全部习题作了详细解答。

与主教材相对应,本书共分为7章,包括信号与系统的基本概念、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、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 域分析以及系统的状态变量分析法。为了便于学生学习,在每一章习题解答之前对该章的基础知识、重点要求进行了系统简要地总结。此外,在本书后还给出了“信号与系统”课程考试模拟试题及硕士研究生入学考试模拟试题。

本书可作为讲授、学习“信号与系统”课程师生的辅导教材,也可供准备硕士研究生入学考试的学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

信号与系统重点综述与习题详解/刘泉,江雪梅,胡文娟. —北京:高等教育出版社,2006. 8

ISBN 7-04-019849-5

I. 信... II. ①刘... ②江... ③胡... III. 信号系
统-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(2006)第079266号

策划编辑 杜炜 责任编辑 欧阳舟 封面设计 李卫青 责任绘图 吴文信
版式设计 张岚 责任校对 朱惠芳 责任印制 毛斯璐

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京嘉实印刷有限公司		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2006年8月第1版
印 张	23.75	印 次	2006年8月第1次印刷
字 数	440 000	定 价	29.60元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19849-00

前 言

随着信息技术的迅猛发展,信号与系统理论的基本概念和研究方法日趋完善,“信号与系统”作为高等工科院校电气信息类专业的一门重要学科基础课程,其主要内容是研究确定性信号作用于线性时不变系统的基本概念、基本原理和基本方法。

本书作为由刘泉教授等主编、高等教育出版社出版的《信号与系统》教材的配套辅助教材,旨在对基本概念和理论进行重点综述,帮助学生灵活、深入地掌握信号与系统中的基本分析方法。本书的体系与主教材相对应,共分为7章,每章由基本知识、重点要求和习题详解3部分组成,综述归纳了每章的知识要点、重点和难点,并对主教材中的所有习题进行了详细的解答。另外,书中还附了6套“信号与系统”课程考试模拟试题和硕士研究生入学考试模拟试题,并给出了详细的解答。

本书有利于增强和深化学生对所学信号与系统知识的理解,培育和提高学生分析问题和解决问题的能力,开拓学生思维并使其掌握综合应用能力。

本书由刘泉、江雪梅和胡文娟编写,张小梅、杨柳、罗颖和汪晶提供了部分素材。

限于水平,书中难免有不妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编者

2006年6月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

第 1 章 信号与系统的基本概念	1
1.1 基本知识	1
1.2 重点要求	3
1.3 习题详解	4
第 2 章 连续时间信号与系统的时域分析	12
2.1 基本知识	12
2.2 重点要求	20
2.3 习题详解	20
第 3 章 连续时间信号与系统的频域分析	47
3.1 基本知识	47
3.2 重点要求	53
3.3 习题详解	53
第 4 章 连续时间信号与系统的复频域分析	103
4.1 基本知识	103
4.2 重点要求	112
4.3 习题详解	113
第 5 章 离散时间信号与系统的时域分析	174
5.1 基本知识	174
5.2 重点要求	182
5.3 习题详解	182
第 6 章 离散时间信号与系统的 z 域分析	226
6.1 基本知识	226
6.2 重点要求	232
6.3 习题详解	232
第 7 章 系统的状态变量分析法	273
7.1 基本知识	273
7.2 重点要求	278
7.3 习题详解	278
附录 模拟试卷及解答	310
信号与系统课程考试模拟试题 A	310

信号与系统课程考试模拟试题 A 详解	311
信号与系统课程考试模拟试题 B	320
信号与系统课程考试模拟试题 B 详解	322
信号与系统课程考试模拟试题 C	328
信号与系统课程考试模拟试题 C 详解	330
信号与系统硕士研究生入学考试模拟试题 A	335
信号与系统硕士研究生入学考试模拟试题 A 详解	338
信号与系统硕士研究生入学考试模拟试题 B	349
信号与系统硕士研究生入学考试模拟试题 B 详解	351
信号与系统硕士研究生入学考试模拟试题 C	360
信号与系统硕士研究生入学考试模拟试题 C 详解	362
参考文献	370

第 1 章

信号与系统的基本概念

1.1 基本知识

本章以电子信息系统为基本背景,论述信号分析和系统分析问题:信号分析部分主要论述信号的描述、运算和变换等问题;系统分析主要研讨系统的特性、模型和系统在激励作用下的响应等问题。

1. 信号的描述与分类

(1) 信号的描述

信号是指带有信息的随时间或其他自变量变化的物理量或物理现象。数学上,信号可以表示为一个或多个自变量的函数。一个信号除用解析法描述外,还可以用图形、表格等描述。并且可以由信号随时间变化的快慢、延时来分析信号的时间特性;从信号所包含的频率分量的振幅大小及相位关系来分析信号的频率特性。

(2) 信号的分类

信号可以从不同角度进行分类,常用的分类方式有:确定信号与随机信号;连续信号与离散信号;周期信号与非周期信号;能量信号和功率信号。

2. 连续时间信号的基本运算与波形变换

连续时间信号的基本运算主要包括相加(减)、相乘(除)、微分、积分等,信号波形变换主要指波形的翻转、平移和展缩等。

(1) 信号的相加

两个信号相加得到一个新信号,它在任意时刻的值等于这两个信号在该时刻的值之和,可表示为

$$f(t) = f_1(t) + f_2(t) \quad (1.1)$$

(2) 信号的相乘

两个信号相乘得到一个新信号,它在任意时刻的值等于这两个信号在该时刻的值的积,可表示为

$$f(t) = f_1(t) \times f_2(t) \quad (1.2)$$

(3) 信号的微分

对连续时间信号而言,信号的微分运算定义为

$$f'(t) = \frac{d}{dt} f(t) \quad (1.3)$$

(4) 信号的积分

对连续时间信号而言,信号的积分定义为

$$f^{(-1)}(t) = \int_{-\infty}^t f(\tau) d\tau \quad (1.4)$$

(5) 信号的反褶

信号的反褶表示为将信号 $f(t)$ 的自变量 t 换成 $-t$,即 $f(-t)$;其波形由原 $f(t)$ 的波形以纵轴为对称轴反褶得到。

(6) 信号的时移

连续时间信号 $f(t)$ 的时移 $y(t)$ 定义为

$$y(t) = f(t - t_0) \quad (1.5)$$

式中, t_0 是时移量。若 $t_0 > 0$, $f(t - t_0)$ 的波形由 $f(t)$ 沿时间轴向右平移 t_0 得到;若 $t_0 < 0$, $f(t - t_0)$ 的波形则由 $f(t)$ 向左平移 $|t_0|$ 得到。

(7) 信号的尺度变换

信号的尺度变换表示将信号 $f(t)$ 的自变量 t 换成 at ($a \neq 0$),即 $f(at)$,其波形是 $f(t)$ 波形在 t 轴上的扩展或压缩。若 $|a| > 1$,波形在 t 轴上压缩; $|a| < 1$,波形在 t 轴上扩展。

3. 系统的描述与分类

(1) 系统的描述

系统是指由一些相互联系制约的部分或事物组成且具有一定功能的整体。从数学角度来说,系统可定义为实现某种功能的运算。

(2) 系统的分类

根据其数学模型的差异,可将系统划分为不同的类型:连续时间系统和离散时间系统;即时系统和动态系统;集总参数系统和分布参数系统等。通常按照系统的特性又可将系统作如下分类:

① 线性系统与非线性系统

线性系统是指满足齐次性和叠加性的系统,即

$$T[k_1 e_1(t) + k_2 e_2(t)] = k_1 T[e_1(t)] + k_2 T[e_2(t)] \quad (1.6)$$

或用符号描述为:若 $e_1(t) \rightarrow r_1(t)$, $e_2(t) \rightarrow r_2(t)$, 则

$$k_1 e_1(t) + k_2 e_2(t) \rightarrow k_1 r_1(t) + k_2 r_2(t) \quad (1.7)$$

若系统不满足齐次性和叠加性,则称其为非线性系统。

② 时不变系统与时变系统

若构成系统的元件参数不随时间而变化,则称此系统为时不变系统,也称非时变系统。即若 $r(t) = T[e(t)]$, 则

$$r(t - \tau) = T[e(t - \tau)] \quad (1.8)$$

或

$$e(t - \tau) \rightarrow r(t - \tau) \quad (1.9)$$

若构成系统的元件参数随时间改变,则称其为时变系统。

系统的线性和时变是两个互不相关的概念,常用的线性时不变系统的特性可表示为:若 $r_1(t) = T[e_1(t)]$ 和 $r_2(t) = T[e_2(t)]$, 则

$$T[k_1 e_1(t - \tau_1) + k_2 e_2(t - \tau_2)] = k_1 r_1(t - \tau_1) + k_2 r_2(t - \tau_2) \quad (1.10)$$

或用符号表示为:若 $e_1(t) \rightarrow r_1(t)$ 和 $e_2(t) \rightarrow r_2(t)$, 则

$$k_1 e_1(t - \tau_1) + k_2 e_2(t - \tau_2) \rightarrow k_1 r_1(t - \tau_1) + k_2 r_2(t - \tau_2) \quad (1.11)$$

(3) 因果系统与非因果系统

因果系统是指系统在 t_0 时刻的响应只取决于 $t = t_0$ 和 $t < t_0$ 时的输入,而与 $t > t_0$ 时的输入无关,否则即为非因果系统。

(4) 稳定系统与不稳定系统

若系统对任意有界输入都只产生有界输出,则称该系统为稳定系统,否则为不稳定系统。

稳定系统可描述为:若 $|e(t)| \leq M_e < \infty$, 则

$$|r(t)| \leq M_r < \infty \quad (1.12)$$

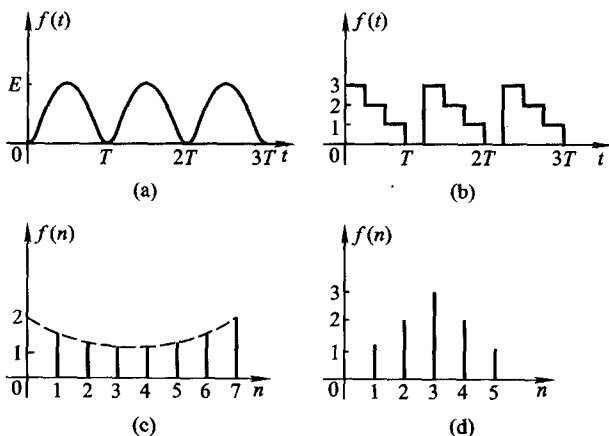
1.2 重点要求

① 了解信号的描述与分类方法。

- ② 掌握信号的基本运算和波形变换的方法。
 ③ 掌握对线性、时不变、因果和稳定系统的判别方法。

1.3 习题详解

1.1 分别判断题图 1.1 所示各波形是连续时间信号还是离散时间信号。若是连续时间信号是否为模拟信号？若是离散时间信号是否为数字信号？



题图 1.1

解: 因为

信号	{	连续	{	模拟: 幅值、时间均连续
				量化: 幅值离散, 时间连续
		离散	{	抽样: 时间离散、幅值连续
				数字: 幅值、时间均离散

由以上分析可知题图 1.1 所示信号分别为

- (1) 题图 1.1(a) 所示为连续时间信号, 且是模拟信号。
- (2) 题图 1.1(b) 所示为连续时间信号。
- (3) 题图 1.1(c) 所示为离散时间信号。
- (4) 题图 1.1(d) 所示为离散时间信号, 且是数字信号。

1.2 判定下列信号是否为周期信号。若是周期信号, 则确定信号周期 T 。

- (1) $f(t) = A \sin t + B \sin(5t)$;
- (2) $f(t) = A \sin(5t) + B \cos(\pi t)$;
- (3) $f(t) = e^{j\pi t}$;
- (4) $f(t) = e^{-t} \sin(\pi t)$ 。

解:判断一个包含有多个不同频率分量的复合信号是否为一个周期信号,需要考察各分量信号的周期是否存在公倍数。若存在,则该复合信号的周期即为此公倍数;若不存在,则该复合信号为非周期信号。

(1) 对于分量 $A\sin t$, 其周期 $T_1 = 2\pi$; 对于分量 $B\sin(5t)$, 其周期 $T_2 = \frac{2\pi}{5}$ 。由于 2π 为 T_1, T_2 的最小公倍数, 所以此信号的周期 $T = 2\pi$ 。

(2) 对于分量 $A\sin(5t)$, 其周期 $T_1 = \frac{2\pi}{5}$; 对于分量 $B\cos(\pi t)$, 其周期 $T_2 = \frac{1}{\pi}$ 。由于 π 为无理数, 所以该信号为非周期信号。

(3) 由欧拉公式 $e^{j\pi t} = \cos(\pi t) + j\sin(\pi t)$, 所以其周期 $T = \frac{2\pi}{\pi} = 2$ 。

(4) 因为 e^{-t} 是一个衰减的指数函数, 为非周期信号, 所以 $e^{-t}\sin(\pi t)$ 为非周期信号。

1.3 下列信号中哪些是能量信号? 它们的能量各为多少? 哪些是功率信号? 它们的平均功率各为多少?

$$(1) f(t) = \varepsilon(t);$$

$$(2) f(t) = 5\cos(10\pi t)\varepsilon(t);$$

$$(3) f(t) = \begin{cases} 5\cos(\pi t) & -1 \leq t \leq 1 \\ 0 & \text{其他} \end{cases}; (4) f(t) = (2e^{-t} - 6e^{-2t})\varepsilon(t)。$$

解:信号总能量为有限值而信号平均功率为零的是能量信号;信号平均功率为有限值而信号总能量为无限大的是功率信号。

$$(1) E = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T}^T f^2(t) dt = \int_0^{\infty} dt = \infty$$

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

所以 $f(t)$ 为功率信号, 非能量信号。

(2) 易知 $f(t)$ 为周期信号, 也是功率信号。

因为

$$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T |f(t)|^2 dt, \text{ 且 } T = \frac{2\pi}{10\pi} = \frac{1}{5}$$

所以

$$\begin{aligned} P &= \frac{5}{2} \int_0^{\frac{1}{5}} 25\cos^2(10\pi t) dt \\ &= \frac{125}{4} \int_0^{\frac{1}{5}} [\cos(20\pi t) + 1] dt \\ &= 6.25 \text{ W} \end{aligned}$$

$$(3) E = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T}^T f^2(t) dt = \int_{-1}^1 25 \cos^2(\pi t) dt = 25 \text{ J}$$

$$P = 0 \text{ W}$$

所以 $f(t)$ 为能量信号。

(4) 因为 $t \rightarrow \infty$ 时, $2e^{-t} - 6e^{-2t} \rightarrow 0$, 所以 $f(t)$ 为非周期信号, 也是能量信号。
故

$$E = \int_0^{\infty} (2e^{-t} - 6e^{-2t})^2 dt = 3 \text{ J}$$

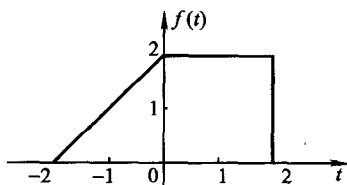
1.4 已知信号 $f(t)$ 的波形如题图 1.2 所示, 试画出下列各信号的波形。

(1) $f(3t)$; (2) $f(t-3)\epsilon(t-3)$;

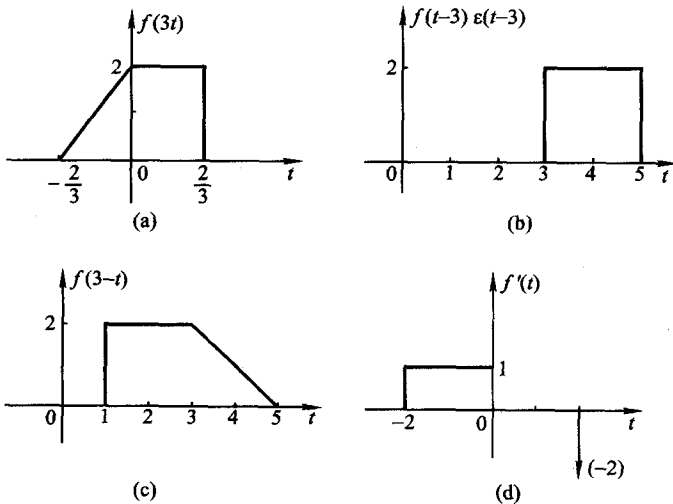
(3) $f(3-t)$; (4) $f'(t)$ 。

解: (1) $f(3t)$ 的波形是将 $f(t)$ 的波形压缩到原来的 $\frac{1}{3}$, 如解图 1.1(a) 所示。

(2) $f(t-3)\epsilon(t-3)$ 的波形是将 $f(t)$ 沿 t 轴向右时移 3 后乘 $\epsilon(t-3)$ 所得, 如解图 1.1(b) 所示。



题图 1.2



解图 1.1

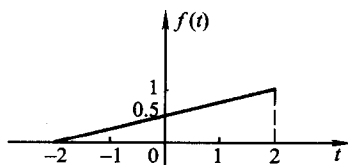
(3) $f(3-t)$ 是将 $f(t)$ $\xrightarrow{\text{反褶}}$ $f(-t)$ $\xrightarrow{\text{右时移 3}}$ $f[-(t-3)] = f(3-t)$ 所得, 如解图 1.1(c) 所示。

(4) 因为 $f(t) = (t+2)[\epsilon(t+2) - \epsilon(t)] + 2[\epsilon(t) - \epsilon(t-2)]$

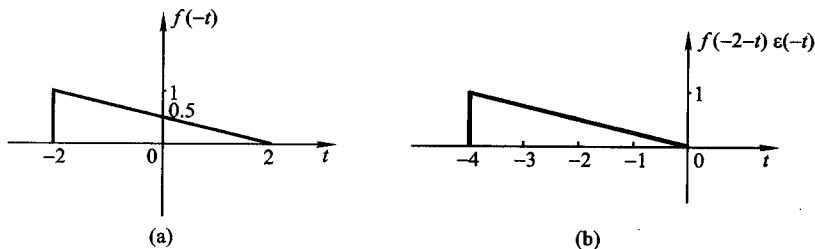
所以 $\frac{d}{dt}[f(t)] = \epsilon(t+2) - \epsilon(t) - 2\delta(t-2)$, 其波形如解图 1.1(d) 所示。

1.5 $f(t)$ 的波形如题图 1.3 所示, 画出 $f(-2-t)\epsilon(-t)$ 的波形。

解: 首先将信号 $f(t)$ 以纵坐标为轴反褶, 即得反褶信号 $f(-t)$, 其波形如解图 1.2(a) 所示。再将信号 $f(-t)$ 沿 t 轴左时移 2, 即得信号 $f[-(t+2)]$, 其波形即为信号 $f(-2-t)\epsilon(-t)$ 的波形, 如解图 1.2(b) 所示。



题图 1.3



解图 1.2

1.6 判断下列系统是否为线性、时不变、因果、稳定系统。

$$(1) \frac{d}{dt}r(t) + r(t) = \frac{d}{dt}e(t) + 5e(t); \quad (2) r(t) = te(t);$$

$$(3) r(t) = 3e(2t); \quad (4) r(t) = e^{e(t)}.$$

解: (1) a. 线性

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

$$\frac{d}{dt}[k_1 r_1(t)] + k_1 r_1(t) = \frac{d}{dt}[k_1 e_1(t)] + 5k_1 e_1(t) \quad \text{①}$$

$$\frac{d}{dt}[k_2 r_2(t)] + k_2 r_2(t) = \frac{d}{dt}[k_2 e_2(t)] + 5k_2 e_2(t) \quad \text{②}$$

由式① + 式②, 得

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

所以系统为线性系统。

b. 时不变

因为

$$\frac{d}{dt}[r(t-t_0)] + r(t-t_0) = \frac{d}{dt}[e(t-t_0)] + 5[e(t-t_0)]$$

所以系统为时不变系统。

c. 因果性

因为输出仅取决于输入当前时刻的值,所以系统为因果系统。

d. 稳定性

因为 $|e(t)| < M_e$,则 $|r(t)| < \infty$,所以系统为稳定系统。

(2) a. 线性

$$T[k_1 e_1(t) + k_2 e_2(t)] = t[k_1 e_1(t) + k_2 e_2(t)] \quad \text{①}$$

$$k_1 r_1(t) + k_2 r_2(t) = k_1 t e_1(t) + k_2 t e_2(t) \quad \text{②}$$

易知式① = 式②,所以系统为线性系统。

b. 时不变

$$T[e(t-t_0)] = t e(t-t_0) \quad \text{③}$$

$$r(t-t_0) = (t-t_0) e(t-t_0) \quad \text{④}$$

易知式③ ≠ 式④,所以系统为时变系统。

c. 因果性

因为输出仅取决于输入当前时刻的值,所以系统为因果系统。

d. 稳定性

若 $|e(t)| < M_e$,则 $|r(t)| \leq |t e(t)| \leq M_e |t| \rightarrow \infty$

所以系统为不稳定系统。

(3) a. 线性

$$T[k_1 e_1(t) + k_2 e_2(t)] = 3[k_1 e_1(2t) + k_2 e_2(2t)] \quad \text{①}$$

$$k_1 r_1(t) + k_2 r_2(t) = k_1 \cdot 3e_1(2t) + k_2 \cdot 3e_2(2t) \quad \text{②}$$

易知式① = 式②,所以系统为线性系统。

b. 时不变

$$T[e(t-t_0)] = 3e(2t-t_0) \quad \text{③}$$

$$r(t-t_0) = 3e[2(t-t_0)] \quad \text{④}$$

易知式③ ≠ 式④,所以系统为时变系统。

c. 因果性

因为系统的输出取决于系统输入未来时刻的值,所以系统为非因果系统。

d. 稳定性

若 $|e(t)| < M_e$,则 $|r(t)| \leq |3e(2t)| < \infty$

所以系统为稳定系统。

(4) a. 线性

$$T[k_1 e_1(t) + k_2 e_2(t)] = e^{[k_1 e_1(t) + k_2 e_2(t)]} \quad \textcircled{1}$$

$$k_1 r_1(t) + k_2 r_2(t) = k_1 e^{e_1(t)} + k_2 e^{e_2(t)} \quad \textcircled{2}$$

易知式①≠式②,所以系统为非线性系统。

b. 时不变

$$T[e(t-t_0)] = e^{e(t-t_0)} \quad \textcircled{3}$$

$$r(t-t_0) = e^{e(t-t_0)} \quad \textcircled{4}$$

易知式③=式④,所以系统为时不变系统。

c. 因果性

因为输出仅取决于输入当前时刻的值,所以系统为因果系统。

d. 稳定性

若 $|e(t)| < M_e$,则 $|r(t)| \leq |e^{e(t)}| \leq e^{M_e} < \infty$ 所以系统为稳定系统。

1.7 一线性时不变系统具有非零的初始状态,已知当激励为 $e(t)$ 时全响应为 $r_1(t) = e^{-t} + 2\cos(\pi t)$, $t > 0$;若在初始状态不变,激励为 $2e(t)$ 时系统的全响应为 $r_2(t) = 3\cos(\pi t)$, $t > 0$ 。在初始状态扩大一倍的条件下,如激励为 $3e(t)$ 时,求系统的全响应 $r_3(t)$ 。

解:设系统的零输入响应为 $r_{zi}(t)$,系统的零状态响应为 $r_{zs}(t)$,则

$$\begin{cases} r_{zi}(t) + r_{zs}(t) = e^{-t} + 2\cos(\pi t) \\ r_{zi}(t) + 2r_{zs}(t) = 3\cos(\pi t) \end{cases}$$

解得

$$\begin{cases} r_{zi}(t) = 2e^{-t} + \cos(\pi t) \\ r_{zs}(t) = -e^{-t} + \cos(\pi t) \end{cases}$$

所以

$$\begin{aligned} r_3(t) &= r_{zi}(t) + 3r_{zs}(t) \\ &= 4\cos(\pi t) - e^{-t}, t > 0 \end{aligned}$$

1.8 证明线性时不变系统有如下特性:即若系统在激励 $e(t)$ 作用下响应为 $r(t)$,则当激励为 $\frac{de(t)}{dt}$ 时响应必为 $\frac{dr(t)}{dt}$ 。

提示: $\frac{df(t)}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{f(t) - f(t - \Delta t)}{\Delta t}$ 。

证明:因为

$$\frac{de(t)}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{e(t) - e(t - \Delta t)}{\Delta t} \rightarrow \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{r(t) - r(t - \Delta t)}{\Delta t} = \frac{dr(t)}{dt}$$

即

$$\frac{de(t)}{dt} \rightarrow \frac{dr(t)}{dt}, \text{所以得证。}$$

1.9 有一线性时不变系统,当激励 $e_1(t) = \varepsilon(t)$ 时,响应 $r_1(t) = 2e^{-at}\varepsilon(t)$,试求当激励 $e_2(t) = \delta(t)$ 时,响应 $r_2(t)$ 的表达式。(假定起始时刻系统无储能。)

解:因为系统的初始状态为零,则系统的零输入响应为零,所以系统的响应为零状态响应。

又因为

$$\frac{d}{dt}[\varepsilon(t)] = \delta(t)$$

根据线性非时变系统的微分性质,所以有

$$r_2(t) = \frac{d}{dt}[r_1(t)] = \frac{d}{dt}[2e^{-at}\varepsilon(t)] = -2ae^{-at}\varepsilon(t) + 2\delta(t)$$

1.10 试用 MATLAB 绘出题 1.4 中各信号的时域波形。

解:运用符号运算来实现该题, MATLAB 命令如下:

```
syms t
f = sym('(t + 2) * (heaviside(t + 2) - heaviside(t))') + sym('2 * (heaviside(t) - heaviside(t - 2))')
subplot(2,3,1)
ezplot(f, [-3,3])
title('f')
f1 = subs(f,t,3*t)
subplot(2,3,2)
ezplot(f1, [-3,3])
title('f1')
f2 = subs(f,t,t-3)
subplot(2,3,3)
ezplot(f2, [0,6])
title('f2')
f3 = subs(f,t,3-t)
subplot(2,3,4)
ezplot(f3, [0,6])
title('f3')
f4 = diff(f,t)
subplot(2,3,5)
ezplot(f4, [-3,3])
title('f4')
```