21世纪高等院校电子类课程系列教材

信号与系统习题解答与实验指导

XINHAO YU XITONG XITI JIEDA YU SHIYAN ZHIDAO

苏新红　尹立强　张海燕　等编著

北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

21世纪高等院校电子类课程系列教材

信号与系统习题解答与实验指导

苏新红　尹立强　张海燕　等编著

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书包括两部分:各章习题解答和18个实验。实验部分安排了硬件实验和软件仿真实验。其中前5个为硬件实验,分别为“50 Hz非正弦周期信号的分解与合成”、“无源和有源滤波器”、“二阶网络函数的模拟”、“二阶网络状态轨迹的显示”和“采样定理”。后13个为软件仿真实验,分别为“熟悉MATLAB环境和基本信号的产生与运算”、“50 Hz非正弦周期信号的分解与合成”、“信号的变换”、“信号的卷积”、“连续系统的时域分析”、“离散系统的时域分析”、“信号的采样与恢复”、“离散系统的频域分析”、“连续系统的频域分析”、“模拟滤波器的设计”、“系统的零极点及频率响应”、“系统的稳定性分析”和“综合实验”。目的是要求学生在系统掌握有关课程的基础理论知识,并在此基础上加强动手能力、分析问题和解决问题能力的训练。

本书适合普通高校电子通信类专业师生使用,也可作为培训机构的培训教材,适用于函大、电大、成大和自学考试的电类专业,还可作为工程人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

信号与系统习题解答与实验指导/苏新红等编著. —北京:北京邮电大学出版社,2010.6
ISBN 978-7-5635-1942-2

Ⅰ.①信… Ⅱ.①苏… 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064342号

书　　名:信号与系统习题解答与实验指导
作　　者:苏新红　尹立强　张海燕 等
责任编辑:李欣一　宋晨晨
出版发行:北京邮电大学出版社
社　　址:北京市海淀区西土城路10号(邮编:100876)
发 行 部:电话:010-62282185　传真:010-62283578
E-mail:publish@bupt.edu.cn
经　　销:各地新华书店
印　　刷:北京忠信诚胶印厂
开　　本:787 mm×1 092 mm　1/16
印　　张:13.25
字　　数:328千字
印　　数:1—3 000册
版　　次:2010年6月第1版　2010年6月第1次印刷

ISBN 978-7-5635-1942-6　　定　价:23.00元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

编者的话

“信号与系统”作为电子、通信、控制类和信息类专业的一门专业基础课，是以后对复杂系统分析和研究的基础课程。当前，科学技术的发展趋势是高度综合和高度分化，这要求高等学校培养的大学生，既要有坚实的理论基础，又要有一定得实验研究能力、分析计算能力、总结归纳能力和解决各种实际问题的能力。

由于“信号与系统”核心的基本概念、基本理论和分析方法非常重要，且其系统性、理论性强。在学习本课程时，开设必要的实验，对学生加深理解深入掌握基本理论和分析方法，培养学生分析问题和解决问题的能力，以及使抽象的概念和理论形象化、具体化，对增强学习的兴趣有极大的好处，做好本课程的实验，是学好本课程的重要教学辅助环节。

本书是苏新红、张海燕主编的《信号与系统简明教程》的配套用书。我们编写这本书的目的：一是为了辅导读者学习信号与系统中的基本概念和基本理论的理解，促使读者更加灵活、深入地掌握信号与系统的基本分析方法；二是为了培养学生的动手能力和综合分析能力。

全书由苏新红、尹立强、张海燕等编著。参与本书章节编写的还有张志霞、胡金艳、朱一飞、张孟超。最后由苏新红统稿。

由于时间仓促，加之编者的水平所限，书中难免会有错误和不妥之处，恳请读者给予批评指正。

编著者

目　　录

第一部分　习题解答

第二部分　实验指导

第一部分

习 题 解 答

第 1 章概论习题解答

一、主要内容

1. 信号的分类

将各种具体形态的信息抽象出来统称为信号，它是信息的一种表示方法。它可以用函数或者波形来表示。

分类如下：

- 连续信号与离散信号、周期信号与非周期信号；
- 能量信号与功率信号、实信号与复信号。

2. 运算

(1) 信号的加减和乘法运算

信号的加减是指同一瞬间两信号对应值相加减；信号的乘法是指同一瞬间两信号对应值相乘。

(2) 信号的微积分运算

信号的微分就是信号对时间的求导：

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

信号的积分就是信号对时间在区间$(-\infty,t)$上的累加：

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

(3) 信号的反折和平移

信号的反折是将信号中的自变量符号取反的运算。

信号的平移是将原信号沿时间轴左右移位的运算，即用$t+t_0$代替原来的t。当$t_0(k_0)>0$时左移，当$t_0(k_0)<0$时右移。

(4) 信号的尺度变换

信号的尺度变换是将信号的横坐标用at代替t，得到$f(at)$（式中$a\neq0$），即对信号横坐标的展宽或者压缩。当$1>a>0$时，信号沿横轴展宽至$1/a$，当$a>1$时，信号沿横轴压缩至原来的$1/a$。

3. 常用的典型信号

(1) 单位阶跃信号

单位阶跃函数，用$u(t)$来表示，其表达式为

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

0 点无定义或$\frac{1}{2}$。

当跳变点不在原点时，是单位阶跃信号的移位信号，用 $u(t-t_0)$ 表示。

(2) 单位冲激信号

在 $t=0$ 处的单位冲激信号用 $\delta(t)$ 来表示，其表达式为

$$\delta(t)=\lim_{n\to+\infty}p_n(t)=\begin{cases}0 & t\neq 0\\ +\infty & t=0\end{cases}\quad 且\quad \int_{-\infty}^{+\infty}\delta(t)\mathrm{d}t=1$$

在 $t=t_0$ 处的单位冲激信号表示为 $\delta(t-t_0)$ 。

① 性质

• 采样性

如果 $f(t)$ 在 $t=0$ 处连续，且处处有界，则有

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

$$\delta(t-t_0)f(t)=f(t_0)\delta(t-t_0)\quad \int_{-\infty}^{+\infty}\delta(t-t_0)f(t)\mathrm{d}t=f(t_0)$$

• 奇偶性

单位冲激函数是偶函数。

• 尺度变换特性

$$\delta(at)=\frac{1}{|a|}\delta(t)\quad \delta^n(at)=\frac{1}{|a|}\frac{1}{a^n}\delta^n(t)\quad (其中\ a\neq 0)$$

• 微积分

$$\delta(t)=\frac{\mathrm{d}u(t)}{\mathrm{d}t}\quad u(t)=\int_{-\infty}^{t}\delta(x)\mathrm{d}x$$

② 冲激偶信号

$\delta(t)$ 的一阶导数定义为冲激偶信号，用 $\delta'(t)$ 来表示，其采样特性为

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

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

4. 系统

系统是若干个相互关联、相互作用的事物按一定的规律组合而成的具有特定功能的集合体。

(1) 系统的模型

常用的系统模型有两种表示形式：数学模型和方框图。

(2) 系统的分类

• 连续系统与离散系统、即时系统与动态系统；
• 线性系统与非线性系统、时变系统与时不变系统；
• 因果系统与非因果系统、稳定系统与非稳定系统。

(3) 系统的特性

① 线性

若系统同时具有叠加性和齐次性，则该系统为线性系统，即满足

$$a_1H[f_1(\cdot)]+a_2H[f_2(\cdot)]+\cdots+a_nH[f_n(\cdot)]$$
$$=H[a_1f_1(\cdot)+a_2f_2(\cdot)+\cdots+a_nf_n(\cdot)]$$

若记忆系统系统是线性系统，则必须满足的条件如下：

- 系统的响应必须满足分解性，即 $y(\cdot)=y_{zs}(\cdot)+y_{zi}(\cdot)$；
- $y_{zs}(\cdot)$ 和 $y_{zi}(\cdot)$必须均满足线性。

② 时不变性

时不变系统是指当系统的初始状态（设初始状态为 0）不变的情况下，系统的响应与激励的输入时刻无关。

③ 微积分特性

LTI 系统还具有微分性。若 LTI 系统激励 $f(t)$的响应为 $y(t)$，则激励 $f'(t)$ 的响应为 $y'(t)$，即

$$\frac{\mathrm{d}y(t)}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}H[\{0\},f(t)]}{\mathrm{d}t}=H\left[\{0\},\frac{\mathrm{d}f(t)}{\mathrm{d}t}\right]$$

④ 因果性

响应不出现在输入之前的系统为因果系统，这就是因果系统的来历。

5. 系统的分析方法

系统的分析是对给定的系统建立数学模型并对其求解。建立系统模型的方法有两种：一种是输入输出法——建立输入与输出的直接关系，然后求解。它适合于单输入单输出系统，主要分析输入与输出的关系，不考虑系统内部变量的影响。另外一种是状态变量法——利用拉普拉斯变换和 z 变换结合矩阵运算的知识对连续和离散系统进行求解。它适合于多输入多输出系统，考虑系统内部的变量对输出的影响，此种方法便于借助计算机求解以及在非线性系统和时变系统的分析。

二、习题解答

1.1 绘出下列各时间函数的波形图。

(1) $f_1(t)=tu(t-2)$

(2) $f_2(t)=t[u(t)-u(t-2)]+u(t-2)$

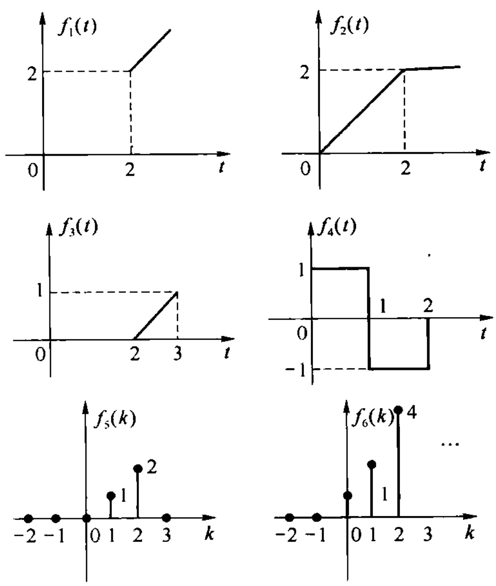
(3) $f_3(t)=(t-2)[u(t-2)-u(t-3)]$

(4) $f_4(t)=u(t)-2u(t-1)+u(t-2)$

(5) $f_5(k)=k[u(k)-u(k-3)]$

(6) $f_6(k)=2^k u(k)$

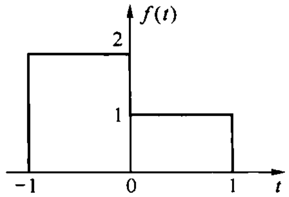
解



1.2　已知 $f(t)$ 波形如题 1.2 图所示，试画出下列信号的波形图。

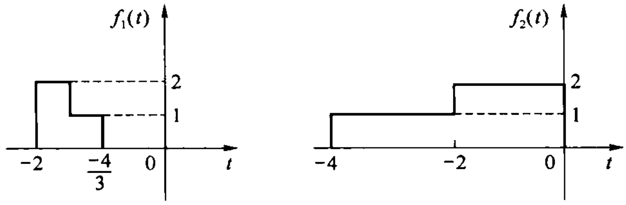
(1) $f_1(t)=f(3t+5)$

(2) $f_2(t)=f\left(\frac{1}{2}t-1\right)$



题 1.2 图

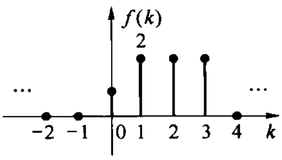
解



1.3　已知信号的波形如题 1.3 图所示，试画出下列信号的波形。

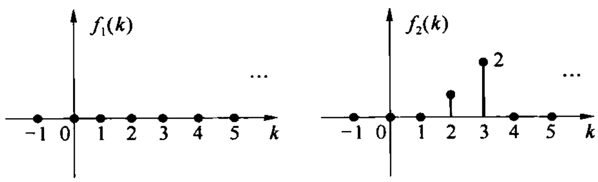
(1) $f_1(k)=f(k)u(k-4)$

(2) $f_2(k)=f(k-2)[u(k)-u(k-4)]$



题 1.3 图

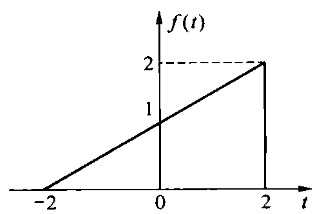
解



1.4　已知 $f(t)$ 波形如题 1.4 图所示，试画出下列信号的波形图。

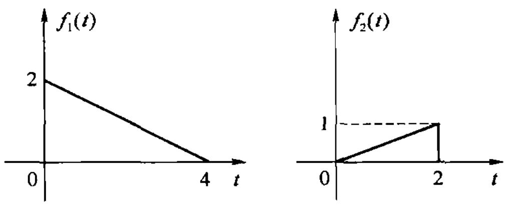
(1) $f_1(t)=f(2-t)u(4-t)$

(2) $f_2(t)=f(t-2)[u(t)-u(t-2)]$



题 1.4 图

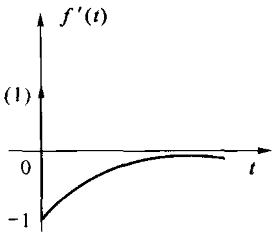
解



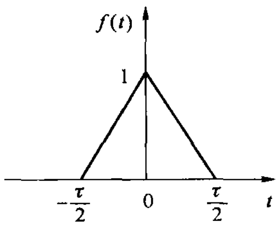
1.5 已知 $f(t)=e^{-t}u(t)$,求 $f'(t)$ 的表达式,并画出 $f'(t)$ 的波形图。

解

$$f'(t)=e^{-t}\delta(t)-e^{-t}u(t)=\delta(t)-e^{-t}u(t)$$



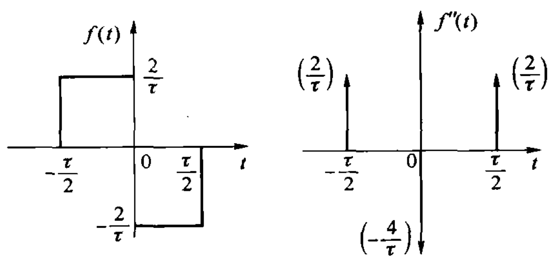
1.6 已知 $f(t)$ 的波形如题 1.6 图所示,求 $f'(t)$ 和 $f''(t)$,并分别画出 $f'(t)$ 和 $f''(t)$ 的波形图。



题 1.6 图

解

$$f'(t)=\frac{2}{\tau}\left[u\left(t+\frac{\tau}{2}\right)-u(t)\right]-\frac{2}{\tau}\left[u(t)-u\left(t-\frac{\tau}{2}\right)\right]$$
$$=\frac{2}{\tau}\left[u\left(t+\frac{\tau}{2}\right)-2u(t)+u\left(t-\frac{\tau}{2}\right)\right]$$
$$f''(t)=\frac{2}{\tau}\left[\delta\left(t+\frac{\tau}{2}\right)-2\delta(t)+\delta\left(t-\frac{\tau}{2}\right)\right]$$



1.7 对下列函数进行积分运算 $\int_{-\infty}^{t} f(\tau)\mathrm{d}\tau$，并画出积分后的波形图。

(1) $f_1(t)=u(t-1)-u(t-3)$ (2) $f_2(t)=2\delta(t-1)$

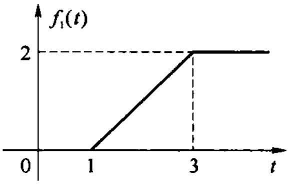
(3) $f_3(t)=\sin tu(t)$

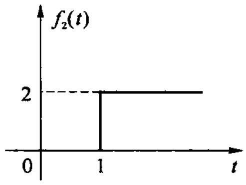
解 (1)

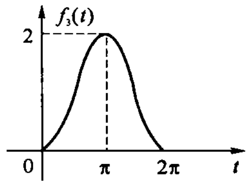
$$\begin{aligned} f_1^{(-1)}(t) &= \int_1^t u(\tau-1)\mathrm{d}\tau - \int_3^t u(\tau-3)\mathrm{d}\tau \\ &= \tau\Big|_1^t u(t-1) - \tau\Big|_3^t u(t-3) \\ &= (t-1)u(t-1)-(t-3)u(t-3) \end{aligned}$$

(2) $f_2^{(-1)}(t)=2u(t-1)$

(3) $f_3^{(-1)}(t) = \int_0^t \sin\tau\mathrm{d}\tau = -\cos\tau\Big|_0^t = 1-\cos t$







1.8 计算下列各式。

(1) $f(t+t_0)\delta(t)$ (2) $\int_{-\infty}^{+\infty} f(t+t_0)\delta(t-t_0)\mathrm{d}t$

(3) $\int_{-4}^{2} \mathrm{e}^t\delta(t+3)\mathrm{d}t$ (4) $\int_{0}^{+\infty} \mathrm{e}^{-t}\sin t\delta(t+1)\mathrm{d}t$

(5) $\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}[\mathrm{e}^{-t}\delta(t)]$ (6) $\int_{-\infty}^{+\infty} f(t_0-t)\delta(t)\mathrm{d}t$

(7) $\int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t-t_0)u(t-2t_0)\mathrm{d}t$ (8) $\int_{-\infty}^{+\infty} (\mathrm{e}^t+t)\delta(t+2)\mathrm{d}t$

(9) $\int_{-\infty}^{+\infty} \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\Omega t}[\delta(t)-\delta(t-t_0)]\mathrm{d}t$

解 (1) $f(t+t_0)\delta(t)=f(t_0)\delta(t)$

(2) $\int_{-\infty}^{+\infty} f(t+t_0)\delta(t-t_0)\mathrm{d}t = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t_0+t_0)\delta(t-t_0)\mathrm{d}t = f(2t_0)$

(3) $\int_{-4}^{2} \mathrm{e}^t\delta(t+3)\mathrm{d}t = \int_{-4}^{2} \mathrm{e}^{-3}\delta(t+3)\mathrm{d}t = \mathrm{e}^{-3}$

(4) $\int_{0}^{+\infty} \mathrm{e}^{-t}\sin t\delta(t+1)\mathrm{d}t = \int_{0}^{+\infty} \mathrm{e}^{-1}\sin(-1)\delta(t+1)\mathrm{d}t = 0$ 〔$\delta(t+1)$ 不在积分区间内〕

(5) $\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}[\mathrm{e}^{-t}\delta(t)]=\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}[\mathrm{e}^{0}\delta(t)]=\delta'(t)$

(6) $\int_{-\infty}^{+\infty} f(t_0-t)\delta(t)\mathrm{d}t = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t_0-0)\delta(t)\mathrm{d}t = f(t_0)$

(7) $\int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t-t_0)u(t-2t_0)\mathrm{d}t = \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t-t_0)u(t_0-2t_0)\mathrm{d}t = u(-t_0) = \begin{cases} 0 & t_0>0 \\ 1 & t_0<0 \end{cases}$

(8) $\int_{-\infty}^{+\infty} (\mathrm{e}^t+t)\delta(t+2)\mathrm{d}t = \int_{-\infty}^{+\infty} (\mathrm{e}^{-2}-2)\delta(t+2)\mathrm{d}t = \mathrm{e}^{-2}-2$

(9) $\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-j\Omega t}[\delta(t)-\delta(t-t_0)dt] = \int_{-\infty}^{+\infty}[e^0\delta(t) - e^{-j\Omega t_0}\delta(t-t_0)]dt = 1 - e^{-j\Omega t_0}$

1.9 判断下列信号是否为周期信号，若是，确定其周期。

(1) $f_1(t)=\sin 2t+\cos 4t$　　(2) $f_2(t)=\cos 2t+\sin \pi t$

(3) $f_3(k)=\sin(3\pi k/4)+\cos(0.5\pi k)$　　(4) $f_4(k)=\sin(2k)$

解 两个周期信号 $x(t)$，$y(t)$ 的周期分别为 T_1 和 T_2，若其周期之比 T_1/T_2 为有理数，则其和信号 $x(t)+y(t)$ 仍然是周期信号，其周期为 T_1 和 T_2 的最小公倍数。

(1) $\sin 2t$ 是周期信号，其角频率和周期分别为

$$\omega_1=2\ \text{rad/s}\quad T_1=2\pi/\omega_1=\pi\ \text{s}$$

$\cos 3t$ 是周期信号，其角频率和周期分别为

$$\omega_2=3\ \text{rad/s}\quad T_2=2\pi/\omega_2=(2\pi/3)\text{s}$$

由于 $T_1/T_2=3/2$，为有理数，故 $f_1(t)$ 为周期信号，其周期为 T_1 和 T_2 的最小公倍数 2π。

(2) $\cos 2t$ 和 $\sin \pi t$ 的周期分别为 $T_1=\pi$ s，$T_2=2$ s，由于 T_1/T_2 为无理数，故 $f_2(t)$ 为非周期信号。

(3) $\sin(3\pi k/4)$ 和 $\cos(0.5\pi k)$ 的数字角频率分别为 $\beta_1=3\pi/4$ rad，$\beta_2=0.5\pi$ rad，由于 $2\pi/\beta_1=8/3$，$2\pi/\beta_2=4$ 为有理数，故它们的周期分别为 $N_1=8$，$N_2=4$，$f_1(k)$ 为周期序列，其周期为 N_1 和 N_2 的最小公倍数 8。

(4) $\sin(2k)$ 的数字角频率为 $\beta_1=2$ rad，由于 $2\pi/\beta_1=\pi$ 为无理数，故 $f_2(k)=\sin(2k)$ 为非周期序列。

1.10 判断下列系统是否为线性系统。

(1) $y(t)=t^2x(t)$

(2) $y(t)=4\dfrac{dx(t)}{dt}$

解 (1) $y(t)=t^2x(t)$

均匀性：$x_1(t)\to t^2x_1(t)$，$Kx_1(t)\to t^2Kx_1(t)$。

叠加性：$x_1(t)\to t^2x_1(t)$，$x_2(t)\to t^2x_2(t)$，$x_1(t)+x_2(t)\to t^2[x_1(t)+x_2(t)]$。

满足均匀特性和叠加特性，该系统为线性系统。

(2) $y(t)=4\dfrac{dx(t)}{dt}$

均匀性：$x_1(t)\to 4\dfrac{dx_1(t)}{dt}$，$Kx_1(t)\to 4\dfrac{dKx_1(t)}{dt}=4K\dfrac{dx_1(t)}{dt}$。

叠加性：$x_1(t)\to 4\dfrac{dx_1(t)}{dt}$，$x_2(t)\to 4\dfrac{dx_2(t)}{dt}$，$x_1(t)+x_2(t)\to 4\dfrac{d[x_1(t)+x_2(t)]}{dt}=4\dfrac{dx_1(t)}{dt}+4\dfrac{dx_2(t)}{dt}$。

满足均匀特性和叠加特性，该系统为线性系统。

1.11 判断下列输出响应所对应的系统是否为线性系统。〔其中 $x(0)$ 为系统的初始状态，$x(t)$ 为系统的输入激励，$y(t)$ 为系统的输出响应。〕

(1) $y(t)=4x(0)\cdot x(t)+3x(t)$

(2) $y(t)=4x(0)+3x(t)+2\frac{\mathrm{d}x(t)}{\mathrm{d}t}$

解 判断一个动态系统是否为线性系统，应从三个方面来判断：

- 具有可分解性；
- 零输入线性，系统的零输入响应必须对所有的初始状态呈现线性特性；
- 零状态线性，系统的零状态响应必须对所有的输入信号呈现线性特性。

(1) 不满足分解特性，所以不是线性系统。

(2)
$$y_{zs}(t)=3x(t)+2\frac{\mathrm{d}x(t)}{\mathrm{d}t}$$
$$y_{zi}(t)=4x(0)$$
$$y(t)=y_{zi}(t)+y_{zs}(t)$$
满足分解特性。

对于零输入
$$\begin{aligned}H[\{ax_1(0)+bx_2(0)\},\{0\}]&=4[ax_1(0)+bx_2(0)]=a4x_1(0)+4bx_2(0)\\&=aH[\{x_1(0)\},\{0\}]+bH[\{x_2(0)\},\{0\}]\end{aligned}$$
满足零输入线性。

对于零状态
$$\begin{aligned}H[\{0\},\{af_1(t)+bf_2(t)\}]&=3[af_1(t)+bf_2(t)]+2\frac{\mathrm{d}[af_1(t)+bf_2(t)]}{\mathrm{d}t}\\&=a\left[3f_1(t)+2\frac{\mathrm{d}f_1(t)}{\mathrm{d}t}\right]+b\left[3f_1(t)+2\frac{\mathrm{d}f_1(t)}{\mathrm{d}t}\right]\\&=aH[\{0\},\{f_1(t)\}]+bH[\{0\},\{f_2(t)\}]\end{aligned}$$
满足零状态的线性。

所以该系统为线性系统。

1.12 判断下列系统是否为时不变系统。

(1) $y_{zs}(k)=f(k)f(k-1)$ (2) $y_{zs}(t)=2tf(t)$

(3) $y_{zs}(t)=f(-t)$

解 若先时移，再经系统等于先经系统，再时移，则此系统为时不变系统。

(1) 令 $g(k)=f(k-k_d)$，则
$$H[\{0\},g(k)]=g(k)g(k-1)=f(k-k_d)f(k-k_d-1)$$
$$y_{zs}(k-k_d)=f(k-k_d)f(k-k_d-1)$$
显然 $H[\{0\},g(k)]=y_{zs}(k-k_d)$，系统为时不变系统。

(2) 令 $g(t)=f(t-t_d)$，则
$$H[\{0\},g(t)]=2tg(t)=2tf(t-t_d)$$
$$y_{zs}(t-t_d)=(t-t_d)f(t-t_d)$$
显然 $H[\{0\},g(t)]\neq y_{zs}(t-t_d)$，系统为时变系统。

(3) 令 $g(t)=f(t-t_d)$，则
$$H[\{0\},g(t)]=g(-t)=2f(-t-t_d)$$
$$y_{zs}(t-t_d)=f[-(t-t_d)]$$

显然 $H[\{0\},g(t)]\neq y_{zs}(t-t_d)$，系统为时变系统。

1.13 判断下面系统是不是因果系统，是不是稳定系统。

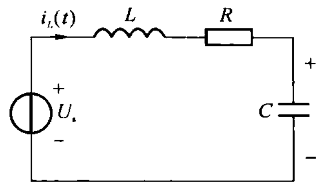
(1) $y(t)=2f(t)+f^2(t)$

(2) $y(k)=kf(k)$

解 (1)由 $y(t_0)=2f(t_0)+f^2(t_0)$知 t_0 时刻的输出仅和 t_0 时刻的输入有关，所以为因果系统；当$|f(t)|<+\infty$时，输出$|2f(t)+f^2(t)|<+\infty$；故为稳定系统。

(2) 由 $y(k_0)=k_0f(k_0)$知 k_0 输出仅和 k_0 时刻的输入有关，所以为因果系统；当$|f(k)|<+\infty$，$k\to+\infty$时，输出$|kf(k)|\to+\infty$，故为不稳定系统。

1.14 如题 1.14 图所示的电路，分别写出以 $u_C(t)$、$i_L(t)$为响应的微分方程。



题 1.14 图

解 当以 $u_C(t)$ 为输出时，列 KVL 方程

$$u_C(t)+u_R(t)+u_L(t)=u_s(t)$$

又因为

$$u_R(t)=Ri_L(t)\quad i_L(t)=C\frac{\mathrm{d}u_C(t)}{\mathrm{d}t}\quad u_L(t)=L\frac{\mathrm{d}i_L(t)}{\mathrm{d}t}$$

所以

$$u_C(t)+RCu_C'(t)+LCu_C''(t)=u_s(t)$$

当以 $i_L(t)$ 为输出时，有

$$u_R(t)=Ri_L(t)\quad u_C(t)=\frac{1}{C}\int i_L(t)\mathrm{d}t\quad u_L(t)=L\frac{\mathrm{d}i_L(t)}{\mathrm{d}t}$$

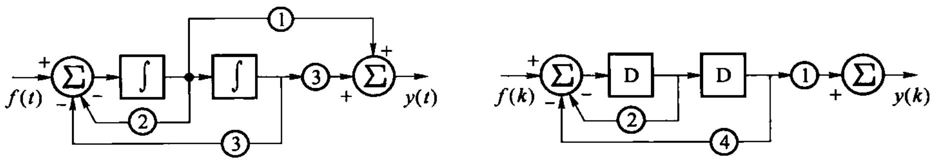
代入 KVL 方程整理得

$$Ri_L(t)+Li'_L(t)+\frac{1}{C}\int i_L(t)\mathrm{d}t=u_s(t)$$

两边微分整理得

$$i_L(t)+RCi_L'(t)+LCi_L''(t)=Cu_s'(t)$$

1.15 写出题 1.15 图所示系统的微分方程。



(a) (b)

题 1.15 图