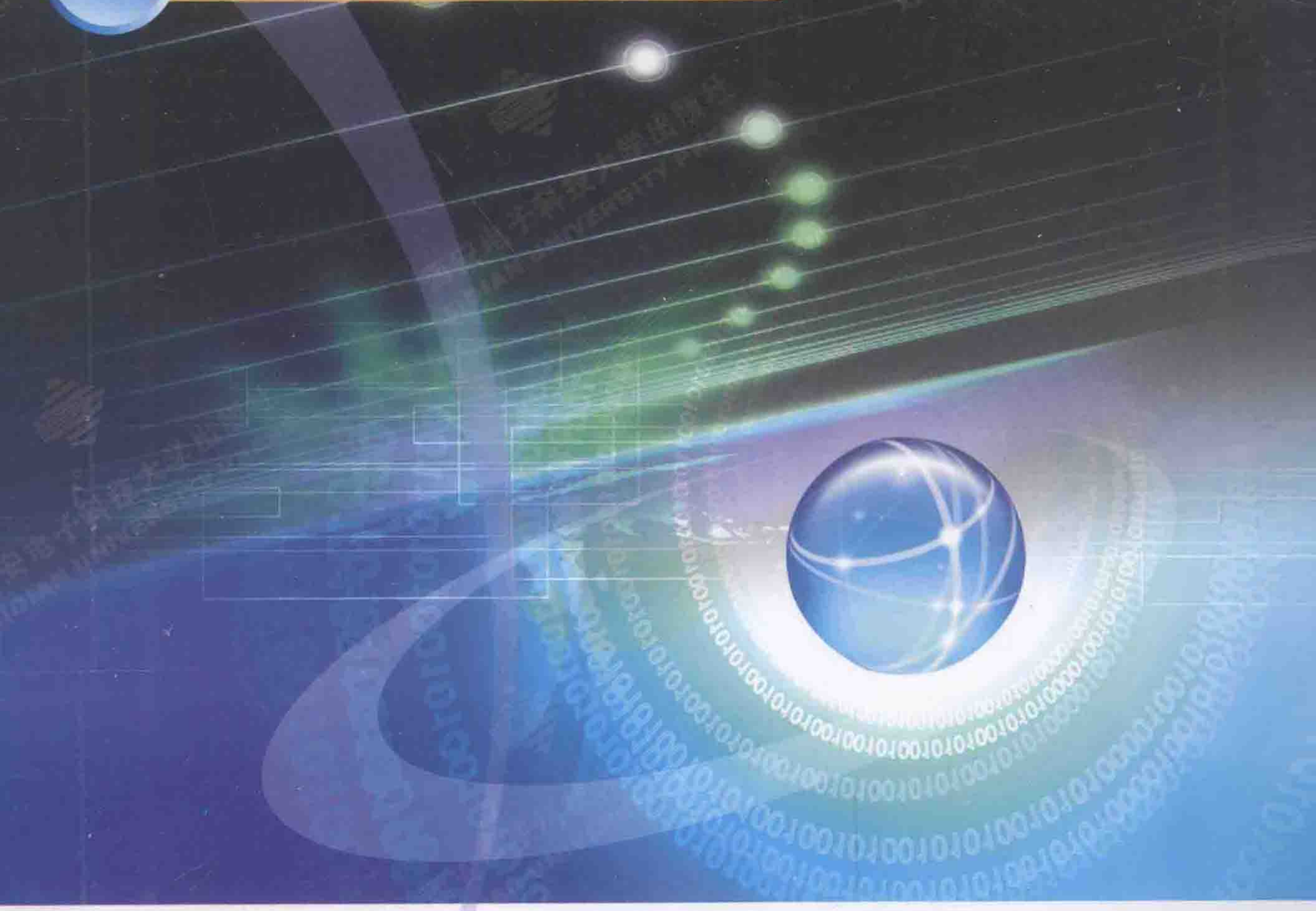
21世纪 高等学校电子信息类规划教材



《信号与系统(第四版)》习题详解

陈生潭 主 编
张晓惠 黄 同 副主编

西安电子科技大学出版社
http://www.xduph.com

21 世纪高等学校电子信息类规划教材

《信号与系统(第四版)》
习 题 详 解

陈生潭 主 编
张晓惠 黄 同 副主编

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书是与《信号与系统(第四版)》(陈生潭、郭宝龙等编著)一书相配套的教学辅助用书。

鉴于新版教材每章末都对本章的重要概念、知识点、分析方法和结论作了归纳小结，因此本书仅对教材各章习题给出详细解答。本书在强调基本概念、理论和分析方法的同时，还特别注重关键知识点及其逻辑联系、解题思路架构和技巧运用以及学习能力和科学思维方法的训练培养。书末附录编入两套课程模拟试题，并给出答案，以便于读者自我测评学习效果。

本书可作为高等学校本科学生“信号与系统”课程的教学辅助用书，也可作为参加相关专业研究生入学考试人员的复习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

《信号与系统(第四版)》习题详解/陈生潭主编. —西安：西安电子科技大学出版社，2014.6
21世纪高等学校电子信息类规划教材
ISBN 978－7－5606－3365－7

Ⅰ.①信…　Ⅱ.①陈…　Ⅲ.①信号系统—高等学校—题解　Ⅳ.①TN911.6－44

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第110927号

策　　划　云立实
责任编辑　云立实
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　陕西华沐印刷科技有限责任公司
版　　次　2014年6月第1版　2014年6月第1次印刷
开　　本　787毫米×1092毫米　1/16　印张　15.5
字　　数　368千字
印　　数　1～3000册
定　　价　27.00元
ISBN 978－7－5606－3365－7/TN

XDUP　3657001－1

＊＊＊如有印装问题可调换＊＊＊

前　言

“信号与系统”是高等学校电子信息类专业一门重要的专业基础课程，主要研究信号与线性系统分析的基本概念、理论和分析方法。

“信号与系统”课程理论体系完整，课程内容具有“三多(抽象概念多、数学知识多和分析方法多)”的特点。如何在课程知识量大且授课时数减少的背景下进一步提高课程教学质量，除了紧紧把握课程理论核心，写好教材和改进教学方法外，强调理论联系实际，注重“学”和“练”的结合，提高课后习题解答的质量和效果，无疑是至关重要的教学环节之一。

鉴于广大读者的迫切要求，以及逐步提高学生自主学习能力的实际需要，我们编写了《信号与系统(第四版)习题详解》一书。由于新版教材已在每章末对本章的重要概念、知识点、分析方法和结论作了归纳小结，因此本书仅对教材各章习题给出详细解答。同时在习题解答过程中，突出系统的概念、思想、观点和方法，强调关键知识点及其逻辑联系，关注容易出错的疑点和难点，着重培养学生的科学思维方法和答题技巧。

书末附录中编入两套课程模拟试题，并给出了答案，以供读者自我测评课程的学习效果。

本书由陈生潭任主编并统稿，张晓惠、黄同任副主编。张晓惠编写了第 2、4 章，黄同编写了第 7、8 章，郭宝龙、李学武、高建宁、董绍锋分别编写了第 9、3、10、6 章，陈生潭编写了其余内容。

本书的出版得到了西安电子科技大学出版社云立实编辑及其他工作人员的大力支持和帮助，在此深表感谢。

限于编者水平，书中难免存在错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编　者

于西安电子科技大学

2014 年 5 月

目　　录

第 1 章　信号与系统的基本概念 …… 1
第 2 章　连续信号与系统的时域分析 …… 21
第 3 章　连续信号与系统的频域分析 …… 45
第 4 章　连续信号与系统的 S 域分析 …… 69
第 5 章　离散信号与系统的时域分析 …… 100
第 6 章　离散信号与系统的频域分析 …… 121
第 7 章　离散信号与系统的 Z 域分析 …… 143
第 8 章　系统的状态空间分析 …… 177
第 9 章　随机信号通过线性系统分析 …… 215
第 10 章　MATLAB 在信号与系统分析中的应用 …… 218
附录　“信号与系统”课程期终考试模拟试题 …… 233

第 1 章　信号与系统的基本概念

1.1　绘出下列信号的波形图：

(1) $f_1(t)=(3-2e^{-t})\varepsilon(t)$；　　(2) $f_2(t)=(e^{-t}-e^{-3t})\varepsilon(t)$；

(3) $f_3(t)=e^{-|t|}\varepsilon(-t)$；　　(4) $f_4(t)=\cos\pi t[\varepsilon(t-1)-\varepsilon(t-2)]$；

(5) $f_5(t)=e^{-t}\varepsilon(\cos t)$；　　(6) $f_6(t)=\left(1-\frac{|t|}{2}\right)[\varepsilon(t+2)-\varepsilon(t-2)]$；

(7) $f_7(t)=3\varepsilon(t+1)-\varepsilon(t)-3\varepsilon(t-1)+\varepsilon(t-2)$；

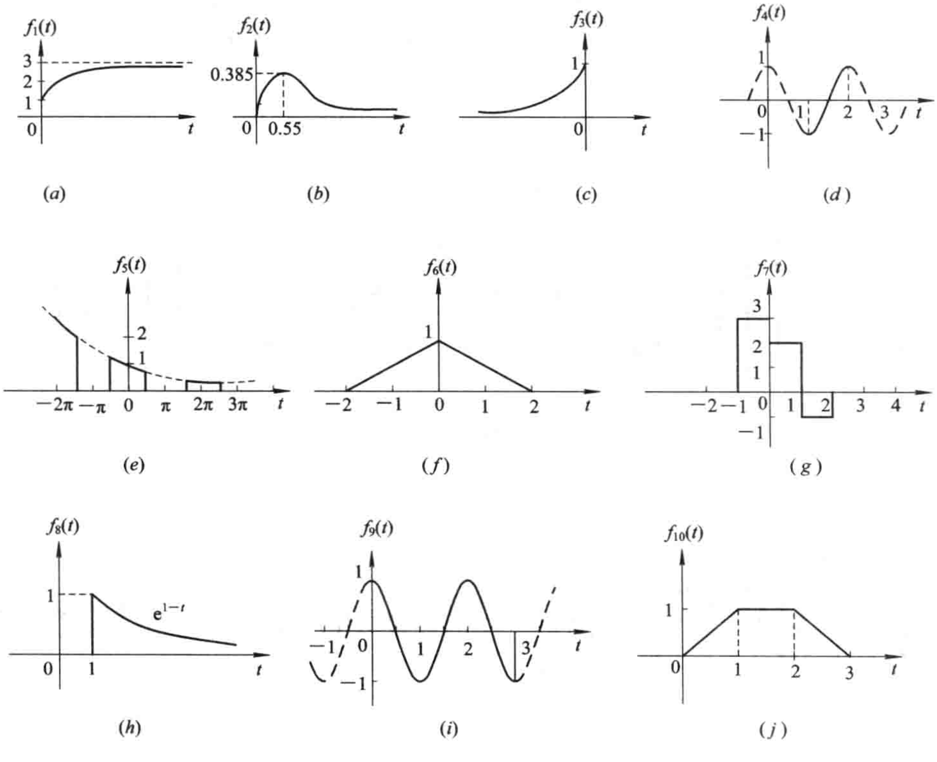
(8) $f_8(t)=e^{-t+1}\varepsilon(t-1)$；

(9) $f_9(t)=\cos\pi t[\varepsilon(3-t)-\varepsilon(-t)]$；

(10) $f_{10}(t)=r(t)-r(t-1)-r(t-2)+r(t-3)$，式中 $r(t)=t\varepsilon(t)$。

解　此题练习连续信号的波形图表示方法。除应熟悉常用连续指数、正弦和斜升信号波形外，还应特别注意阶跃函数的基本性质以及信号平移、翻转操作对信号波形的影响。

各连续信号波形如题解图 1.1 所示，其中图(a)～图(j)分别对应题(1)～题(10)。



题解图 1.1

1.2 绘出下列信号的图形：

(1) $f_1(k)=k[\varepsilon(k+2)-\varepsilon(k-3)]$；

(2) $f_2(k)=2^{(2-k)}\varepsilon(k-1)$；

(3) $f_3(k)=\begin{cases}2^k, & k\leqslant 0\\ 2^{-k}, & k>0\end{cases}$；

(4) $f_4(k)=(-1)^k\varepsilon(k-2)$；

(5) $f_5(k)=\begin{cases}0, & k<-2\\ k+1, & -2\leqslant k\leqslant 3\\ 1, & k>3\end{cases}$；

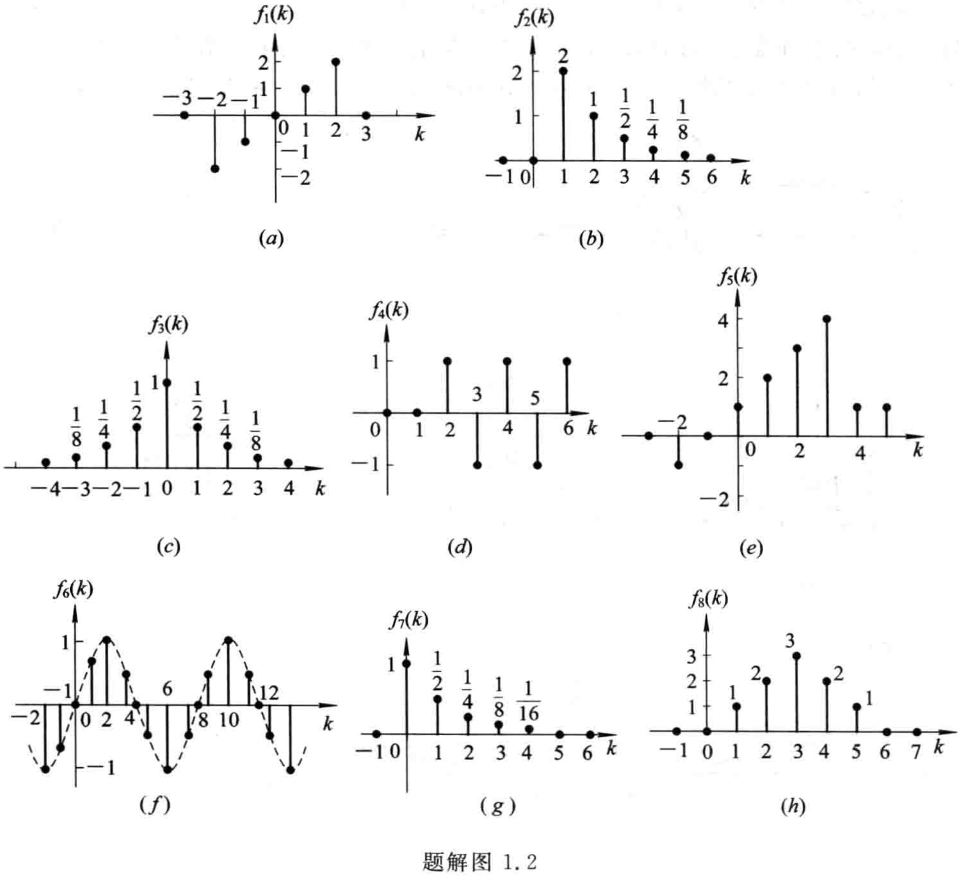
(6) $f_6(k)=\sin\left(\dfrac{k\pi}{4}\right)[\varepsilon(k)-\varepsilon(k-12)]$；

(7) $f_7(k)=2^{-k}[\varepsilon(3-k)-\varepsilon(-1-k)]$；

(8) $f_8(k)=k\varepsilon(k)-2(k-3)\varepsilon(k-3)+(k-6)\varepsilon(k-6)$。

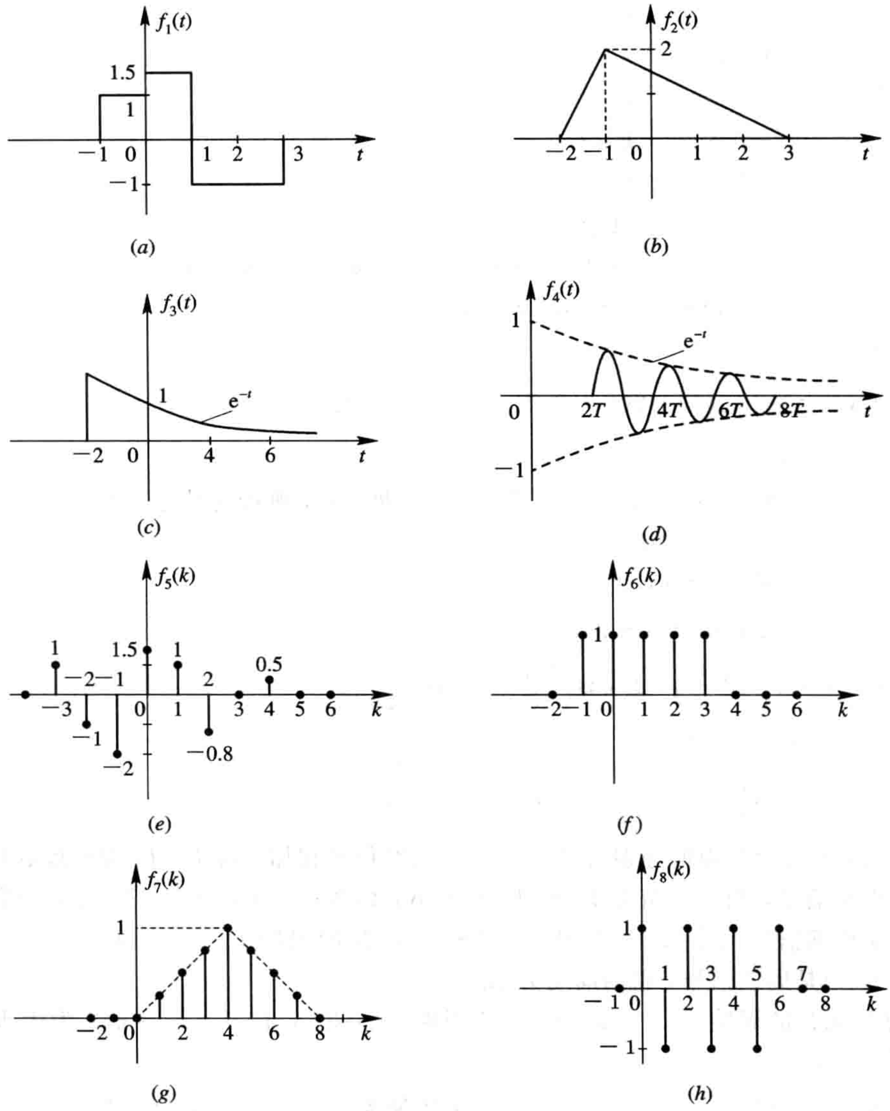
解 此题练习离散信号的图形表示方法。要求熟悉常用指数和正弦序列的图形表示、阶跃序列的定义和基本性质以及序列平移和翻转操作对序列图形的影响。

各离散信号的图形如题解图 1.2 所示，其中图(a)～图(h)分别对应题(1)～题(8)。



题解图 1.2

1.3 试写出题图 1.1 各信号的解析表达式。



题图 1.1

解 (a) $f_1(t)=\varepsilon(t+1)+0.5\varepsilon(t)-2.5\varepsilon(t-1)+\varepsilon(t-3)$

(b) $$f_2(t)=\begin{cases}2(t+2)\\ -\dfrac{1}{2}(t-3)\\ 0\end{cases}=\begin{cases}2t+4, & -2\leqslant t<-1\\ 1.5-0.5t, & -1\leqslant t<3\\ 0, & \text{其余 } t\end{cases}$$

(c) $f_3(t)=e^{-t}\varepsilon(t+2)$

(d) $f_4(t)=e^{-t}\sin\dfrac{\pi}{T}t[\varepsilon(t-2T)-\varepsilon(t-8T)]$

(e) $f_5(k)=\begin{cases}1, & k=-3\\ -1, & k=-2\\ -2, & k=-1\\ 1.5, & k=0\\ 1, & k=1\\ -0.8, & k=2\\ 0.5, & k=4\\ 0, & \text{其余 } k\end{cases}$

$=\delta(k+3)-\delta(k+2)-2\delta(k+1)+1.5\delta(k)+\delta(k-1)$
$\quad -0.8\delta(k-2)+0.5\delta(k-4)$

(f) $f_6(k)=\varepsilon(k+1)-\varepsilon(k-4)$

(g) $f_7(k)=\dfrac{1}{4}[k\varepsilon(k)-2(k-4)\varepsilon(k-4)+(k-8)\varepsilon(k-8)]$

(h) $f_8(k)=(-1)^k\varepsilon(k)$

1.4 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) $f_1(t)=a\sin t+b\sin 2t$；

(2) $f_2(t)=4\sin 2t+5\cos \pi t$；

(3) $f_3(t)=A\cos t+B\sin\sqrt{2}t$；

(4) $f_4(t)=A\sin\left(\dfrac{3t}{2}\right)+B\cos\left(\dfrac{16t}{15}\right)+C\sin\left(\dfrac{t}{29}\right)$；

(5) $f_5(t)=(A\sin t)^3$；

(6) $f_6(k)=\sum\limits_{m=-\infty}^{\infty}[\delta(k-3m)-\delta(k-1-3m)]$。

解 (1) 若有两个周期分别为 T_1 和 T_2 的连续信号相加，当 T_1/T_2 为有理数时，其和信号亦是周期信号，相应周期为 T_1 和 T_2 的最小公倍数；否则，当 T_1/T_2 为无理数时，其和信号是非周期信号。因 $\sin t$ 的周期 $T_1=2\pi$ s，$\sin 2t$ 的周期 $T_2=\pi$ s，且 $T_1/T_2=2$ 为有理数，故 $f_1(t)$是周期信号，它的周期为 2π s。

(2) 因 $\sin 2t$ 的周期 $T_1=\pi$ s，$\cos\pi t$ 的周期 $T_2=2$ s，且 $T_1/T_2=\pi/2$ 为无理数，故 $f_2(t)$是非周期信号。

(3) 因 $\cos t$ 的周期为 $T_1=2\pi$ s，$\sin\sqrt{2}t$ 的周期为 $T_2=\sqrt{2}\pi$ s，且 $T_1/T_2=\sqrt{2}$为无理数，故 $f_3(t)$是非周期信号。

(4) 在 $f_4(t)$中，$\sin\left(\dfrac{3}{2}t\right)$、$\cos\left(\dfrac{16}{15}t\right)$和 $\sin\left(\dfrac{t}{29}\right)$的周期分别为$\dfrac{4\pi}{3}$ s、$\dfrac{15}{8}\pi$ s 和 58π s，其最小公倍数是 1392π，故 $f_4(t)$是周期信号，周期为 1392π s。

(5) 信号 $A\sin t$ 的周期为 2π，自乘三次后，没有改变信号瞬时值变化周期，故 $f_5(t)$是周期为 2π s 的周期信号。

(6) 因 $\sum\limits_{m=-\infty}^{\infty}\delta(k-3m)$ 与 $\sum\limits_{m=-\infty}^{\infty}\delta(k-1-3m)$ 均是周期为 3 的周期序列，故 $f_6(k)$也是以 3 为周期的周期序列。

1.5 已知连续时间信号 $x(t)$和 $y(t)$分别如题图 1.2(a)、(b)所示，试画出下列各信号

的波形图：

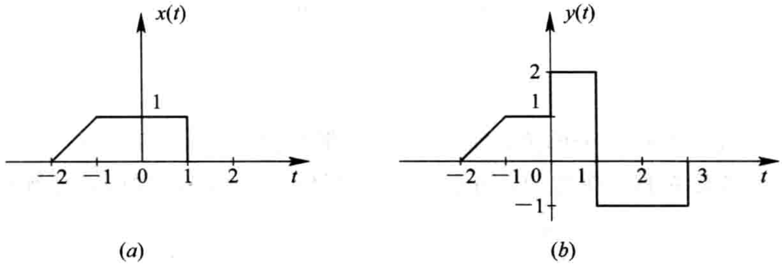
(1) $x(t-2)$；　　(2) $x(t-1)\varepsilon(t)$；

(3) $x(2-t)$；　　(4) $x(2t+2)$；

(5) $y(t+2)$；　　(6) $y(t+1)\varepsilon(-t)$；

(7) $y(-2-t)$；　　(8) $y\left(\frac{t}{2}-1\right)$；

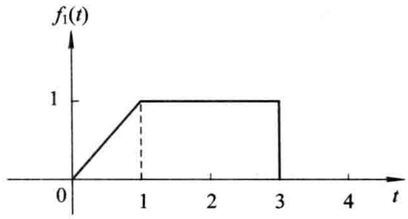
(9) $x(t)+y(t)$；　　(10) $x(t+1)\cdot y(t-1)$。



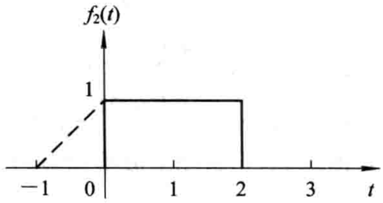
题图 1.2

解　(1) 将 $x(t)$波形右移 2 个单位，得到题(1)波形如题解图 1.5 - 1 所示。

(2) 将 $x(t)$波形右移 1 个单位，再结合单位阶跃信号的单边特性，画出题(2)波形如题解图 1.5 - 2 所示。

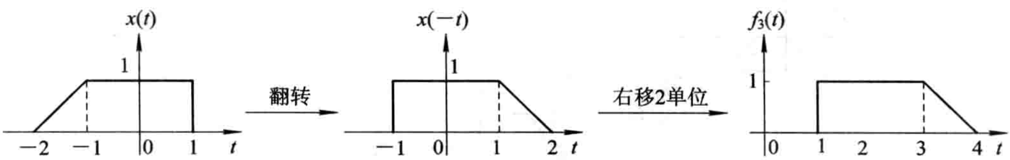


题解图 1.5 - 1



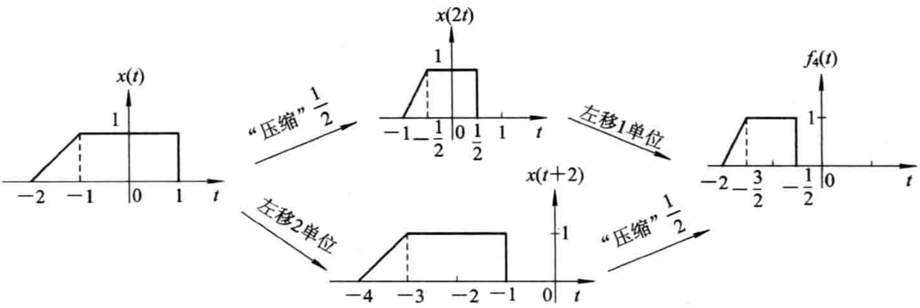
题解图 1.5 - 2

(3) 由于 $x(2-t)=x[-(t-2)]$，故可将 $x(t)$波形"翻转"后，再右移 2 个单位，画出题(3)波形如题解图 1.5 - 3 中的 $f_3(t)$所示。



题解图 1.5 - 3

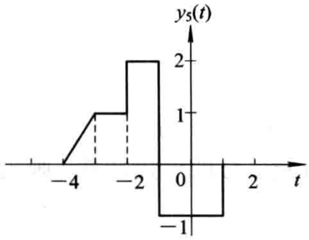
(4) 按照"展缩－平移"方式，将 $x(t)$波形"压缩"$\frac{1}{2}$后，再左移 1 个单位；或者按照"平移－展缩"方式，先将 $x(t)$波形左移 2 个单位，再将波形"压缩"$\frac{1}{2}$，均可画出题(4)波形。波形绘制过程如题解图 1.5 - 4 所示。



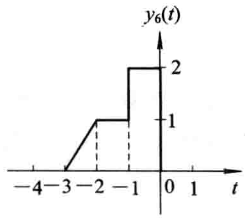
题解图 1.5－4

(5) 将 $y(t)$波形左移 2 个单位，即得题(5)波形(见题解图 1.5－5)。

(6) 将 $y(t)$波形左移 1 个单位，再截取 $t<0$ 部分，即为题(6)波形(见题解图 1.5－6)。



题解图 1.5－5

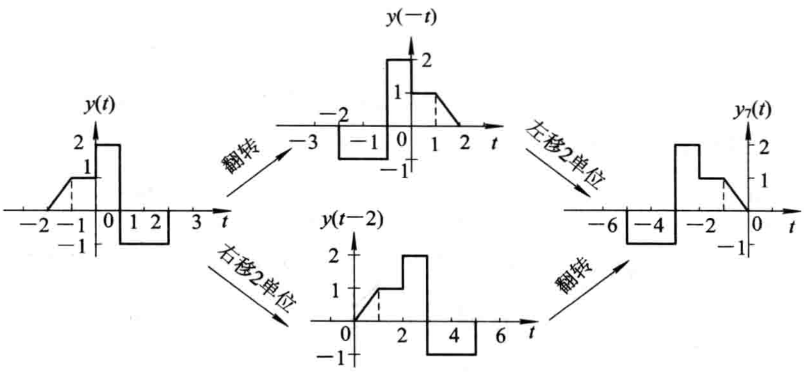


题解图 1.5－6

(7) 方法一：$y(t)\xrightarrow{\text{翻转}}y(-t)\xrightarrow{\text{左移 2 单位}}y(-(t+2))=y_7(t)$

方法二：$y(t)\xrightarrow{\text{右移 2 单位}}y(t-2)\xrightarrow{\text{翻转}}y(-t-2)=y_7(t)$

$y_7(t)$即为题(7)波形，波形绘制过程如题解图 1.5－7 所示。

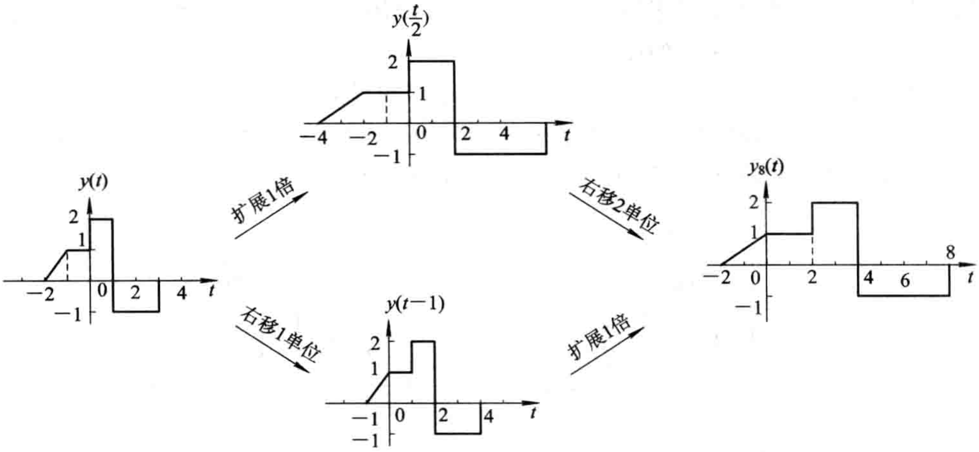


题解图 1.5－7

(8) 方法一：$y(t)\xrightarrow{\text{扩展 1 倍}}y\left(\dfrac{t}{2}\right)\xrightarrow{\text{右移 2 单位}}y\left(\dfrac{t-2}{2}\right)=y_8(t)$

方法二：$y(t)\xrightarrow{\text{右移 1 单位}}y(t-1)\xrightarrow{\text{扩展 1 倍}}y\left(\dfrac{t}{2}-1\right)=y_8(t)$

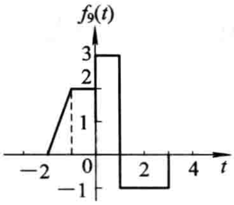
$y_8(t)$即为题(8)波形，具体绘制过程如题解图 1.5－8 所示。



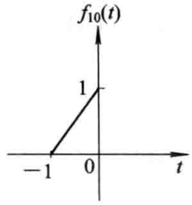
题解图 1.5 - 8

(9) 两个连续信号相加，任一时刻的和信号值等于两信号在该时刻的信号值之和。题(9)信号波形如题解图 1.5 - 9 所示。

(10) 两个连续信号相乘，任一时刻的积信号值等于两信号在该时刻的信号值之积。题(10)信号波形如题解图 1.5 - 10 所示。



题解图 1.5 - 9



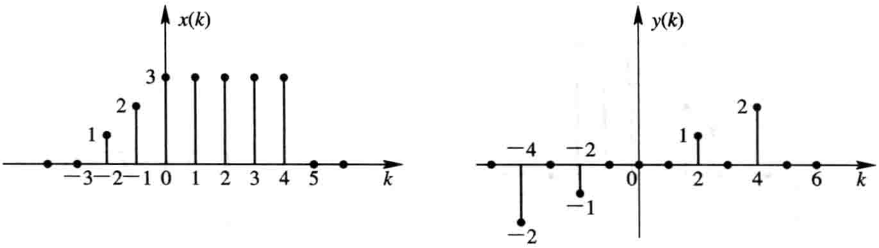
题解图 1.5 - 10

1.6 已知离散时间信号 $x(k)$ 和 $y(k)$ 分别如题图 1.3(a)、(b)所示，试画出下列序列的图形：

(1) $x(2k)$; (2) $x(-k+2)\varepsilon(1-k)$;

(3) $y(k-1)$; (4) $y(k)[\varepsilon(k)-\varepsilon(k-1)]$;

(5) $x(k)+y(k)$; (6) $x(k+2)y(k-2)$。



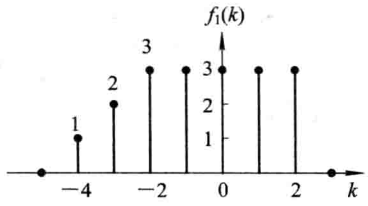
(a) (b)

题图 1.3

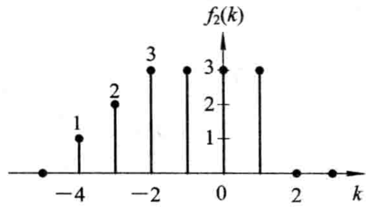
解 与连续信号类似，对于序列信号，也可以应用图形翻转、平移操作，结合信号的基本运算，直接画出给定序列的图形。

(1) 将 $x(k)$图形左移 2 个单位，画出题(1)序列图形如题解图 1.6－1 所示。

(2) 先画出 $x(k+2)$图形，并考虑到$\varepsilon(1-k)=\varepsilon[-(k-1)]$，仅在 $k\leqslant 1$ 时取值为 1，故在 $x(k+2)$图形中，截取 $k\leqslant 1$ 部分就是题(2)序列的图形(见题解图 1.6－2)。



题解图 1.6－1



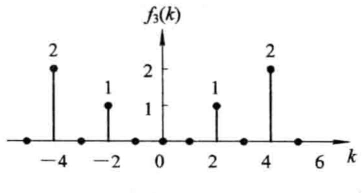
题解图 1.6－2

(3) 因为

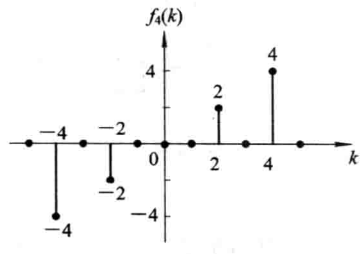
$$\varepsilon(k-1)-\varepsilon(-k-1)=\begin{cases}1, & k>0\\0, & k=0\\-1, & k<0\end{cases}$$

所以题(3)序列图形如题解图 1.6－3 所示。

(4) 先画出 $y(k)$、$y(-k)$图形，然后进行相减运算，得到题(4)序列图形如题解图 1.6－4 所示。



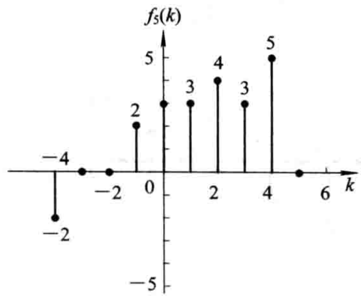
题解图 1.6－3



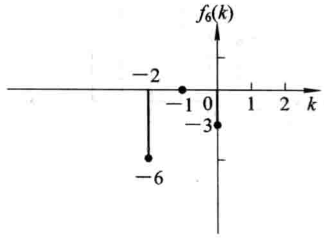
题解图 1.6－4

(5) 和序列图形如题解图 1.6－5 所示。

(6) 先画出 $x(k+2)$、$y(k-2)$图形，再进行相乘运算，画出积序列图形(见题解图 1.6－6)。



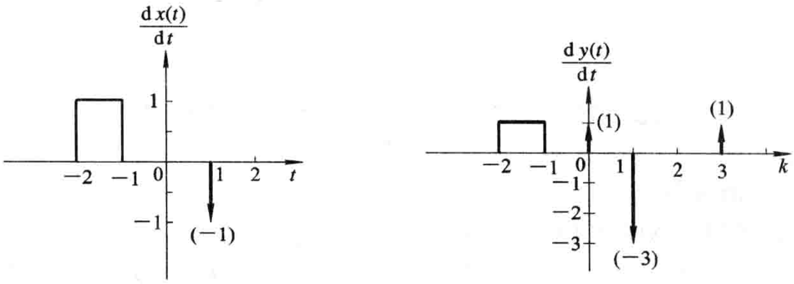
题解图 1.6－5



题解图 1.6－6

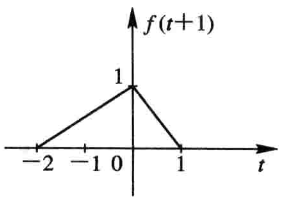
1.7 已知信号 $x(t)$、$y(t)$的波形如题图 1.2 所示，分别画出$\frac{\mathrm{d}x(t)}{\mathrm{d}t}$和$\frac{\mathrm{d}y(t)}{\mathrm{d}t}$的波形。

解 通过观察 $x(t)$和 $y(t)$波形，直接画出$\frac{\mathrm{d}x(t)}{\mathrm{d}t}$和$\frac{\mathrm{d}y(t)}{\mathrm{d}t}$波形(见题解图 1.7)。应特别注意，当 $x(t)$、$y(t)$的信号值发生跳变时，会在相应时刻的$\frac{\mathrm{d}x(t)}{\mathrm{d}t}$和$\frac{\mathrm{d}y(t)}{\mathrm{d}t}$波形中呈现冲激信号，其冲激强度取决于信号值跳变的方向和幅度。



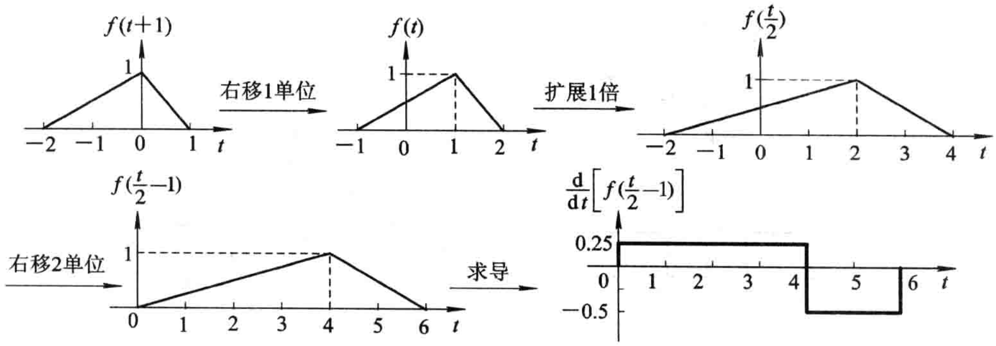
题解图 1.7

1.8 已知信号 $f(t+1)$的波形如题图 1.4 所示，试画出$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left[f\left(\frac{t}{2}-1\right)\right]$的波形。



题图 1.4

解 首先，应用信号平移、展缩操作，由 $f(t+1)$波形画出 $f\left(\frac{t}{2}-1\right)$波形，然后求导并画出$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left[f\left(\frac{t}{2}-1\right)\right]$的波形。具体过程参见题解图 1.8。



题解图 1.8

1.9 分别计算题图 1.3 中信号 $x(k)$、$y(k)$的一阶前向差分、一阶后向差分和迭分。

解 $x(k)$的一阶前向差分：

$$\Delta x(k) = x(k+1) - x(k) = \{\cdots 0\ 1\ 1\ 1\ 0\ 0\ 0\ 0 - 3\ 0\ \cdots\}$$
$$\uparrow k=0$$

$x(k)$的一阶后向差分：

$$\nabla x(k) = x(k) - x(k-1) = \{\cdots\ 0\ 1\ 1\ 1\ 0\ 0\ 0\ 0 - 3\ 0\ \cdots\}$$
$$\uparrow k=0$$

$x(k)$的迭分：

$$\sum_{n=-\infty}^{k} x(n) = \{\cdots\ 0\ 1\ 3\ 6\ 9\ 12\ 15\ 18\ 18\ 18\ \cdots\}$$
$$\uparrow k=0$$

$y(k)$的一阶前向差分：

$$\begin{aligned}\Delta y(k) &= y(k+1) - y(k)\\ &= \{\cdots\quad 0\quad -2\quad 2\quad -1\quad 1\quad 0\quad 0\quad 1\quad -1\quad 2\quad -2\quad 0\quad \cdots\}\end{aligned}$$
$$\uparrow k=0$$

$y(k)$的一阶后向差分：

$$\begin{aligned}\nabla y(k) &= y(k) - y(k-1)\\ &= \{\cdots\quad 0\quad -2\quad 2\quad -1\quad 1\quad 0\quad 0\quad 1\quad -1\quad 2\quad -2\quad 0\quad \cdots\}\end{aligned}$$
$$\uparrow k=0$$

$y(k)$的迭分：

$$\sum_{n=-\infty}^{k} y(n) = \{\cdots\quad 0\quad -2\quad -2\quad -3\quad -3\quad -3\quad -3\quad -2\quad -2\quad 0\quad \cdots\}$$
$$\uparrow k=0$$

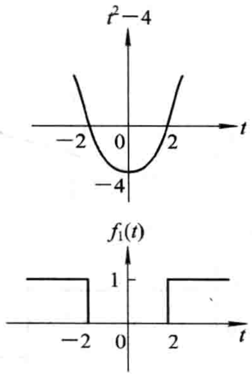
1.10 画出下列各信号的波形图：

(1) $f_1(t)=\varepsilon(t^2-4)$； (2) $f_2(t)=\delta(t+1)-\delta(t-1)$；

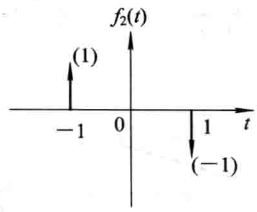
(3) $f_3(k)=\varepsilon(k^2-4)$； (4) $f_4(t)=\delta(2t-4)$。

解 (1) $f_1(t)=\varepsilon(t^2-4)$，波形如题解图 1.10 - 1 所示。

(2) $f_2(t)=\delta(t+1)-\delta(t-1)$，波形如题解图 1.10 - 2 所示。



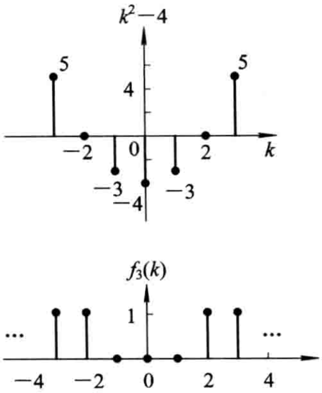
题解图 1.10 - 1



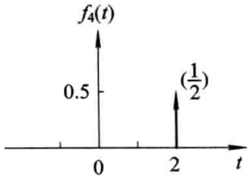
题解图 1.10 - 2

(3) $f_3(k)=\varepsilon(k^2-4)$，波形如题解图 1.10 - 3 所示。

(4) $f_4(t)=\delta(2t-4)=\dfrac{1}{2}\delta(t-2)$，波形如题解图 1.10 - 4 所示。



题解图 1.10 - 3



题解图 1.10 - 4

1.11 计算下列各题。

(1) $\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}[\mathrm{e}^{-t}\delta(t)]$；

(2) $\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}[\mathrm{e}^{-t}\varepsilon(t)]$；

(3) $\int_{-\infty}^{\infty}\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\omega t}[\delta(t)-\delta(t-t_0)]\,\mathrm{d}t$；

(4) $\int_{-\infty}^{t}\mathrm{e}^{-x}[\delta(x)+\delta'(x)]\,\mathrm{d}x$；

(5) $\int_{-5}^{5}(2t^2+t-5)\delta(3-t)\,\mathrm{d}t$；

(6) $\int_{-1}^{5}(t^2+t-\sin\frac{\pi}{4}t)\delta(t+2)\,\mathrm{d}t$；

(7) $\int_{-\infty}^{\infty}(t^2+t+1)\delta\left(\dfrac{t}{2}\right)\,\mathrm{d}t$；

(8) $\int_{-\infty}^{t}(x^2+x+1)\delta\left(\dfrac{x}{2}\right)\,\mathrm{d}x$。

解 (1) $\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}[\mathrm{e}^{-t}\delta(t)]=\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\delta(t)=\delta'(t)$

(2) $\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}[\mathrm{e}^{-t}\varepsilon(t)]=\mathrm{e}^{-t}\delta(t)-\mathrm{e}^{-t}\varepsilon(t)=\delta(t)-\mathrm{e}^{-t}\varepsilon(t)$

(3) $\int_{-\infty}^{\infty}\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\omega t}[\delta(t)-\delta(t-t_0)]\mathrm{d}t=\int_{-\infty}^{\infty}[\delta(t)-\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\omega t_0}\delta(t-t_0)]\mathrm{d}t=1-\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\omega t_0}$

(4) $\int_{-\infty}^{t}\mathrm{e}^{-x}[\delta(x)+\delta'(x)]\mathrm{d}x=\int_{-\infty}^{t}[2\delta(x)+\delta'(x)]\mathrm{d}x=2\varepsilon(t)+\delta(t)$

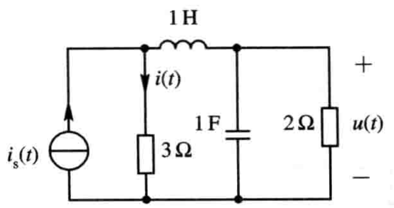
(5) $\int_{-5}^{5}(2t^2+t-5)\delta(3-t)\mathrm{d}t=\int_{-5}^{5}16\delta(3-t)\mathrm{d}t=16$

(6) $\int_{-1}^{5}(t^2+t-\sin\frac{\pi}{4}t)\delta(t+2)\mathrm{d}t=0$ ［注意：$\delta(t+2)$ 位于积分范围之外］

(7) $\int_{-\infty}^{\infty}(t^2+t+1)\delta\left(\dfrac{t}{2}\right)\mathrm{d}t=\int_{-\infty}^{\infty}2\delta(t)\mathrm{d}t=2$

(8) $\int_{-\infty}^{t}(x^2+x+1)\delta\left(\dfrac{x}{2}\right)\mathrm{d}x=\int_{-\infty}^{t}2\delta(x)\mathrm{d}x=2\varepsilon(t)$

1.12 如题图 1.5 所示电路，输入为 $i_s(t)$，分别写出以 $i(t)$、$u(t)$为输出时电路的输入输出方程。



题图 1.5

解 对题解图 1.12，写出节点 a 的 KCL 方程：

$$i = i_s - i_L \qquad ①$$

或写成

$$i_L = i_s - i \qquad ②$$

写出节点 b 的 KCL 方程：

$$i_L = u' + \frac{u}{2} \qquad ③$$

写出回路 l 的 KVL 方程：

$$u = 3i - i_L' \qquad ④$$

(1) 将式④代入式③得

$$i_L = 3i' - i_L'' + \frac{3}{2}i - \frac{1}{2}i_L' \qquad ⑤$$

再将式②代入式⑤，整理得以 i 为输出时的输入输出方程：

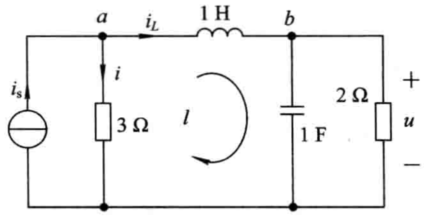
$$2i'' + 7i' + 5i = 2i_s'' + i_s' + 2i_s$$

(2) 将式①代入式④得

$$u = 3i_s - 3i_L - i_L' \qquad ⑥$$

再将式③代入式⑥，并整理得以 u 为输出时的输入输出方程为

$$2u'' + 7u' + 5u = 6i_s$$



题解图 1.12

1.13 如题图 1.6 所示电路，输入为 $u_s(t)$，试写出 $u(t)$为输出时电路的输入输出方程。

解 为简化微、积分算符表示，本题采用第 2 章将要介绍的微、积分算子概念求解。画出 p 算子电路模型如题解图 1.13 所示，图中 $i_1(t)$和 $i_2(t)$为网孔电流。列出网孔方程：