双博士系列

高等学校教材配套辅导

通信电子类

信号与系统

教材辅导

主编　张晓帆

编写　通信电子类教材辅导委员会

科学技术文献出版社

高等学校教材配套辅导(通信电子类)

信号与系统

教材辅导

主　　编　张晓帆

编　　写　通信电子类教材辅导委员会

编写人员　牟玉涛　顾　佳　李菊川　陈　楠　陈　丰
张怀甫　高永军　狄　懿　垄　伟　李竞超
常慧敏　康建明　杨　军　张士新　苗红亮
王振凯　李　为　张涓义　苏　燕　韩　彬
祝贺梅　谢检平　胡东华　杨　峰　蔡贵娟
李利娟　闵　伟　高　睿　李　芹　杜清平
韩　珍　周丽红　温　晴　李宁春　钟崇光
高　鑫　温桂荣　韩　琴　郭海权　史　进

科学技术文献出版社
Scientific and Technical Documents Publishing House
·北京·

图书在版编目(CIP)数据

信号与系统教材辅导/张晓帆主编. -北京:科学技术文献出版社,2008.11

ISBN 978-7-5023-3043-9

Ⅰ.信…　Ⅱ.张…　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(2008)第 153597 号

出　　版　　者	科学技术文献出版社
地　　　　　址	北京市复兴路 15 号(中央电视台西侧)/100038
图书编务部电话	(010)51501739
图书发行部电话	(010)51501720,(010)51501722(传真)
邮 购 部 电 话	(010)51501729
网　　　　　址	http://www.stdph.com
策　划　编　辑	科　文
责　任　编　辑	袁其兴　杜　娟
责　任　校　对	唐　炜
责　任　出　版	王杰馨
发　　行　　者	科学技术文献出版社发行　全国各地新华书店经销
印　　刷　　者	利森达印务有限公司
版　(　印　)　次	2008 年 11 月修订版　第 1 次印刷
开　　　　　本	850×1168　32 开
字　　　　　数	255 千
印　　　　　张	8.75
印　　　　　数	1～5000 册
定　　　　　价	15.00 元

Preface 前言

"双博士"成就双博士！

本丛书的编写，以普通高等学校普遍采用的教材为蓝本，针对性强，信息含量高，具有很高的参考价值和实用意义，是考研专业课不可多得的工具与助手。

缺乏对专业课命题侧重点及考试要求的了解，已成为众多考生专业课考试失利的原因，进而与继续深造的机会失之交臂。因此，选取一本好的专业课辅导教材，对于有志于考研的莘莘学子来说，至关重要。本丛书涉及法学、金融、经管、通信电子、计算机、机械、控制理论与控制工程及其他热门专业。本书与市场上同类书相比，在内容编写方面更加细致详尽。在编排上分三部分：

1. **基本概念及考点精要**：对与本章相关的知识点进行串讲，使考生既能熟练掌握基础知识，又可把握重点、要点。

2. **典型例题、考题分析**：这一部分精选了各名校近年最新考研真题作为本书的例题，并提供详细的解析过程，强调解题思路。本部分内容既可使考生把握命题原则，又可熟悉题目类型，触类旁通。

3. **自测题及模拟训练题**：该部分为考生自行练习而提供，备有详细的解答过程。便于考生及时总结，查缺补漏。

本书附录为模拟试题，这些模拟试卷也是名校近几年的考试真题，并配有详细解析，具有非常典型的意义。

综合起来，本书凸显以下特色：

1. **专题化的编写体例**：面对普通高等学校专业课教材的泛泛的讲解，本书从更深的层次，对常考的知识点加重了讲解的力度，并与最新考试动态同步，及时补充了最新的考试内容。

2. **极富针对性的题型训练**：在每章或每部分的典型例题、模拟试题中，均编排名校近几年的考研真题，并附有详细的参考答案，实战性极强。

3. **反映各名校最新考试信息**：每章后所附的自测题及全书最后所附的全真模拟试卷，均选自各高校近几年考研真题，具有很高参考价值。

策划本丛书的指导精神是既方便于在校本科生同步学习时参考，更适合于准备参加硕士研究生入学考试的学生作为专业课辅导用书使用。

温馨提示：

✻“双博士品牌图书”是全国最大的大学教辅图书和考研图书品牌，全国有三分之一的大学生和考研学生正在使用“双博士品牌图书”。

✻来自北京大学研究生会的感谢信摘要：双博士，您好！……，首先感谢您对北京大学的热情支持和无私帮助！双博士作为大学教学辅导和考研领域全国最大的图书品牌之一，不忘北大莘莘学子和传道授业的老师，其行为将永久被北大师生感怀和铭记！　北京大学研究生会

✻现在市场上有人冒用我们的书名，企图以假乱真，因此，读者在购买时，请认准双博士品牌。

编者

2008 年于北京大学

目录

目录

第1章 信号与系统的基本概念

1.1 基本概念及考点精要

1.1.1 信号的定义与分类

1. 定义

信号，一般指电信号，它的基本形式是随时间变化的电流或电压。信号常可表示为时间的函数或序列，该函数的图像称为信号的波形。

2. 信号的分类

根据不同的分类原则，信号可分为：

(1)连续时间信号和离散时间信号。在连续的时间范围内有定义的信号称为连续时间信号；而在离散的时间点有定义的信号则为离散时间信号。

(2)周期信号与非周期信号。

(3)能量信号与功率信号。对于信号的能量 $E=\lim\limits_{T\to\infty}\int_{-T}^{T}|f(t)|^2\mathrm{d}t$ 有 $0<E<\infty$，则称其为能量信号，其功率为0。若功率 $0<p<\infty$，则称为功率信号，其能量为∞。单个脉冲信号、单边指数信号等是能量信号，而阶跃信号、周期信号称为功率信号。

(4)确定信号与随机信号。信号可以表示为一个确定的时间函数(序列)，则称为确定信号；反之若给定某一时间，函数没有确定的值，只能用概率和统计等方法描述，则为随机信号。

(5)一维信号与多维信号。

(6)实信号与复信号。

理解重点：周期信号与非周期信号，能量信号与功率信号，连续信号与离散信号。

3. 几种具体信号的定义

(1)无限信号　在 $t\in(-\infty,+\infty)$区间内，都有 $f(t)\neq0$ 的信号。

(2)因果信号　若当 $t<0$ 时 $f(t)=0$；当 $t>0$ 时 $f(t)\neq0$，则 $f(t)$为因果信号，可用 $f(t)u(t)$表示。$u(t)$为单位阶跃信号，后面将详细论述。

(3)有始信号　若当 $t<t_1$ 时 $f(t)=0$；当 $t>t_1$ 时 $f(t)\neq0$，则 $f(t)$为有始信号，起始时刻为 t_1（t_1 为实常数）。其中，因果信号为有始信号的特例。

(4)有终信号　若当 $t<t_2$ 时 $f(t)\neq0$；当 $t>t_2$ 时 $f(t)=0$，则 $f(t)$为有终信号，终止时刻为 t_2（t_2 为实常数）。

(5)时限信号　若在时间区间(t_1,t_2)内 $f(t)\neq0$，而在此区间外$f(t)=0$，则 $f(t)$为时限信号。它既是有始信号，也是有终信号。

理解重点：因果信号和无限信号的定义。

1.1.2　连续信号

1. 直流信号

$$f(t)=A\quad(-\infty<t<+\infty)$$

式中　A 为实常数。若 $A=1$，则称为单位直流信号。

2. 正弦信号

$$f(t)=A\cos(\omega t+\varphi)\quad(-\infty<t<+\infty)$$

式中　A,ω,φ 分别称为振幅、角频率和初相，均为实常数。可见正弦信号的定义域$(-\infty,+\infty)$与值域$[-A,+A]$都是连续的。

在通信中，调幅信号指的是振幅 A 随调制信号变化；调频信号指的是角频率 ω 随调制信号变化；调相信号指的是初相 φ 随调制信号变化。

正弦信号有如下性质：

(1)正弦信号的微分仍是正弦信号

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}f(t)=\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}[A\cos(\omega t+\varphi)]=\omega A\cos\left(\omega t+\varphi+\frac{\pi}{2}\right)$$

(2)另外正弦信号的二次微分满足：

$$\frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}t^2}f(t)+\omega^2f(t)=0$$

在信号与系统分析中，这一性质非常有用。

3. 单位阶跃信号

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

在跳变点 $t=0$ 处,函数值未定义,或在 $t=0$ 处规定函数值 $u(0)=\dfrac{1}{2}$。

4. 单位冲激信号

(1)定义
$$\begin{cases}\delta(t)=0,t\neq 0\\\delta(t)\to\infty,t=0\\\displaystyle\int_{-\infty}^{+\infty}\delta(t)\,\mathrm{d}t=1\end{cases}$$

(2)性质
$$f(t)\delta(t)=f(0)\delta(t)$$
$$f(t)\delta(t-t_0)=f(t_0)\delta(t-t_0)$$
$$\int_{-\infty}^{+\infty}f(t)\delta(t)\,\mathrm{d}t=f(0)$$
$$\int_{-\infty}^{+\infty}f(t)\delta(t-t_0)\,\mathrm{d}t=f(t_0)$$
$$\delta(t)=\delta(-t)$$
$$\delta(t-t_0)=\delta[-(t-t_0)]$$
$$\delta(at)=\frac{1}{|a|}\delta(t)$$
$$\delta(at-t_0)=\frac{1}{|a|}\delta\left(t-\frac{t_0}{a}\right)$$
$$\int_{-\infty}^{+\infty}f(t)\delta(at)\,\mathrm{d}t=\frac{1}{|a|}f(0)$$
$$\int_{-\infty}^{+\infty}f(t)\delta(at-t_0)\,\mathrm{d}t=\frac{1}{|a|}f\left(\frac{t_0}{a}\right)$$
$$\delta(t)=\frac{\mathrm{d}u(t)}{\mathrm{d}t}$$
$$\int_{-\infty}^{t}\delta(\tau)\,\mathrm{d}\tau=u(t)$$

式中 a 为大于零的实常数;t_0 为实常数。

5. 冲激偶信号

(1)定义 冲激函数的微分(阶跃函数的二阶导数)将呈现正、负极性的一对冲激,称之为冲激偶信号,以 $\delta'(t)$ 表示。即

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

(2)性质

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

$$\int_{-\infty}^{+\infty}\delta'(t)\mathrm{d}t=0\quad(\text{因 }\delta'(t)\text{ 为奇函数})$$

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

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

$$f(t)\delta'(t-t_0)=f(t_0)\delta'(t-t_0)-f'(t_0)\delta(t-t_0)$$

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

$$\int_{-\infty}^{+\infty}f(t)\delta^{(n)}(t)\mathrm{d}t=(-1)^n f^{(n)}(0)$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty}f(t)\delta'(t-t_0)\mathrm{d}t=-f'(t_0)$$

式中 t_0 为实常数。

6. 符号函数 sgn(t)

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

或

$$\mathrm{sgn}(t)=u(t)-u(-t)=2u(t)-1$$

7. 单位斜坡信号

$$r(t)=tu(t)=\begin{cases}0 & (t<0)\\ t & (t\geqslant 0)\end{cases}$$

$r(t),u(t),\delta(t)$之间存在着积分(微分)关系:

$$r(t)=\int_{-\infty}^{t}u(\tau)\mathrm{d}\tau\qquad \frac{\mathrm{d}r(t)}{\mathrm{d}t}=u(t)$$

$$r(t)=\int_{-\infty}^{t}\left(\int_{-\infty}^{u}\delta(\tau)\mathrm{d}\tau\right)\mathrm{d}u\qquad \frac{\mathrm{d}^2 r(t)}{\mathrm{d}t^2}=\delta(t)$$

8. 单边衰减指数信号 $f(t)=A\mathrm{e}^{-\alpha t}u(t)=A\mathrm{e}^{-\frac{1}{\tau}t}u(t)$

式中 α,τ 均为大于 0 的实常数,$\tau=\dfrac{1}{\alpha}$,称为时间常数,单位为 s。

9. 复指数信号

$$f(t)=A\mathrm{e}^{st}\qquad(-\infty<t<+\infty)$$

式中 $s=\sigma+\mathrm{j}\omega$ 称为复频率;σ,ω 均为实常数,σ 的单位为 1/s,ω 的单位为 rad/s。

由复指数信号可以得出许多信号形式：

(1)当 $s=0$ 时，$f(t)=A$，为直流信号；

(2)当 $s=\sigma$ 时，$f(t)=Ae^{\sigma t}$，为实指数信号；

(3)当 $s=j\omega$ 时，$f(t)=Ae^{j\omega t}=A\cos(\omega t)+jA\sin(\omega t)$；

(4)当 $s=\sigma+j\omega$ 时，$f(t)=Ae^{\sigma t}[\cos(\omega t)+j\sin(\omega t)]$。

10. Sa(t)函数(抽样函数)

$$f(t)=\frac{\sin t}{t}=\mathrm{Sa}(t)\quad(-\infty<t<+\infty)$$

其性质如下：

(1) $f(t)=\frac{1}{t}\sin t$ 为实变量 t 的偶函数；

(2) $\lim\limits_{t\to 0}f(t)=f(0)=\lim\limits_{t\to 0}\frac{\sin t}{t}=1$；

(3)当 $t=k\pi(k=\pm1,\pm2,\pm3,\cdots)$时，$f(t)=0$；

(4) $\int_0^{\infty}\mathrm{Sa}(t)\mathrm{d}t=\frac{\pi}{2}$

(5) $\int_{-\infty}^{+\infty}\mathrm{Sa}(t)\mathrm{d}t=\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{\sin t}{t}\mathrm{d}t=\pi$；

(6) $\lim\limits_{t\to\pm\infty}\frac{\sin t}{t}=0$。

理解重点：单位阶跃信号，单位冲激信号，抽样函数；而符号函数、单位斜坡信号及单边衰减指数信号则是在将来的学习中常会用到的。

1.1.3 信号的时域分解

1. 任意信号 $f(t)$ 都可以分解为一系列基本函数的加权和形式

(1) $f(t)$ 可分解为不同时刻具有不同阶跃幅度的无穷多个阶跃信号的和，即

$$f(t)=\int_{-\infty}^{+\infty}f'(\tau)u(t-\tau)\mathrm{d}\tau\approx\sum_{k=-\infty}^{+\infty}f'(k\Delta\tau)u(t-k\Delta\tau)\Delta\tau$$

(2) $f(t)$ 可分解为在不同时刻出现的具有不同强度的无穷多个冲激信号的连续和，即

$$f(t)=\int_{-\infty}^{+\infty}f(\tau)\delta(t-\tau)\mathrm{d}\tau\approx\sum_{k=-\infty}^{+\infty}f(k\Delta\tau)\delta(t-k\Delta\tau)\Delta\tau$$

2. 任意信号 $f(t)$ 还可以分解为两个正交分量之和的形式

(1) $f(t)$ 可分解为直流分量 f_D 与交流分量 $f_A(t)$ 之和，即

$$f(t)=f_D+f_A(t)$$

(2) $f(t)$ 可分解为偶分量 $f_e(t)$ 与奇分量 $f_o(t)$ 之和，即

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

其中

偶分量定义为 $$f_e(t)=\frac{1}{2}[f(t)+f(-t)]$$

奇分量定义为 $$f_o(t)=\frac{1}{2}[f(t)-f(-t)]$$

若 $f(t)$ 为因果信号，则有

$$f_e(t)=f_o(t) \qquad (t>0)$$

$$f_e(t)=-f_o(t) \qquad (t<0)$$

或写成

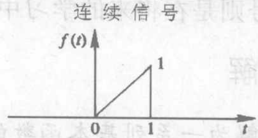
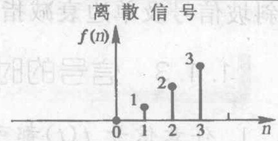
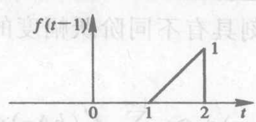
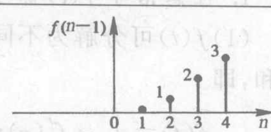
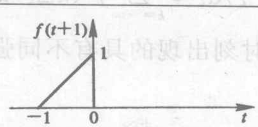
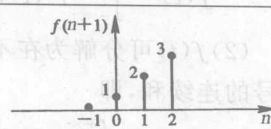
$$f_e(t)=f_o(t)\mathrm{sgn}(t)$$

$$f_o(t)=f_e(t)\mathrm{sgn}(t)$$

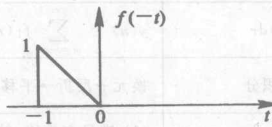
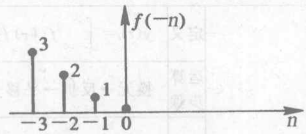
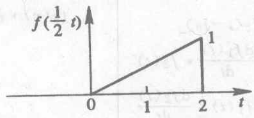
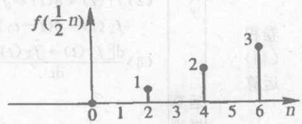
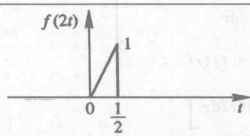
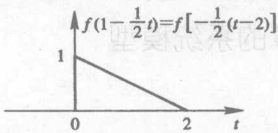
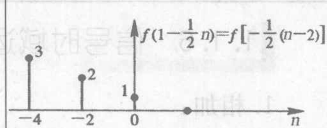
1.1.4 信号的时域变换

信号的时域变换见表 1-1。

表 1-1 信号的时域变换

<table>
<tr><td colspan="2">信号形式
变换形式</td><td>连续信号

</td><td>离散信号

</td></tr>
<tr><td rowspan="2">移位</td><td>右移</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>左移</td><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

续表

<table>
<tr><td>反折</td><td colspan="2">
</td><td>
</td></tr>
<tr><td rowspan="2">尺度变换</td><td>$a<1$</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>$a>1$</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>移位、反折、尺度变换三者相结合的变换</td><td colspan="2">
</td><td>
</td></tr>
</table>

1.1.5 信号的时域运算

信号的时域运算见表 1-2。

表 1-2 信号的时域运算

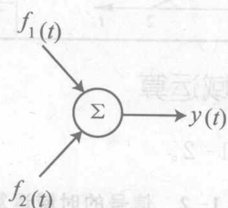
信号类别 / 运算形式	连续信号 设信号 $f_1(t)$，$f_2(t)$，运算结果信号为 $y(t)$	离散信号 设信号 $f_1(n)$，$f_2(n)$，运算结果信号为 $y(n)$
加、减运算	对应时刻两信号相加、减 $y(t)=f_1(t)\pm f_2(t)$	对应时刻两信号相加、减 $y(n)=f_1(n)\pm f_2(n)$
乘运算	对应时刻两信号相乘 $y(t)=f_1(t)\cdot f_2(t)$	对应时刻两信号相乘 $y(n)=f_1(n)\cdot f_2(n)$
微(差)分运算	$y_1(t)=\dfrac{\mathrm{d}f_1(t)}{\mathrm{d}t}$ $\quad y_2(t)=\dfrac{\mathrm{d}f_2(t)}{\mathrm{d}t}$	$\nabla y_1(n)=f_1(n)-f_1(n-1)$(后向一阶差分) $\triangle y_2(n)=f_2(n+1)-f_2(n)$(前向一阶差分)
积分(累加和)运算	$y_1(t)=\int_{-\infty}^{t}f_1(\tau)\mathrm{d}\tau$ $y_2(t)=\int_{-\infty}^{t}f_2(\tau)\mathrm{d}\tau$	$y_1(n)=\sum_{m=-\infty}^{n}f_1(m)$ $y_2(n)=\sum_{m=-\infty}^{n}f_2(m)$

续表

卷积(和)运算	定义	$y(t)=\int_{-\infty}^{\infty} f_1(\tau)f_2(t-\tau)\mathrm{d}\tau$	$y(n)=\sum\limits_{m=-\infty}^{\infty} f_1(m)f_2(n-m)$
	运算步骤	换元→反折→平移→相乘积分	换元→反折→平移→相乘求和
	运算规则	(1)满足交换律、结合律、分配律 (2) $f_1(t)*\delta(t)=f_1(t)$ $f_2(t)*\delta(t-t_0)=f_2(t-t_0)$ (3) $\frac{\mathrm{d}[f_1(t)*f_2(t)]}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}f_1(t)}{\mathrm{d}t}*f_2(t)=f_1(t)*\frac{\mathrm{d}f_2(t)}{\mathrm{d}t}$ (4) $\int_{-\infty}^{t}[f_1(\tau)*f_2(\tau)]\mathrm{d}\tau=\left[\int_{-\infty}^{t}f_1(\tau)\mathrm{d}\tau\right]*f_2(t)=f_1(t)*\left[\int_{-\infty}^{t}f_2(\tau)\mathrm{d}\tau\right]$	(1)满足交换律、结合律、分配律 (2) $f_1(n)*\delta(n)=f_1(n)$ $f_2(n)*\delta(n-n_0)=f_2(n-n_0)$

1.1.6 信号时域运算的系统模型

1. 相加：

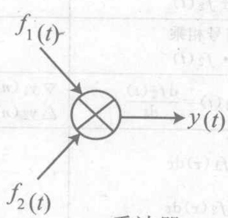


加法器

图 1-1

运算式：$y(t)=f_1(t)+f_2(t)$

2. 相乘：

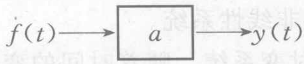


乘法器

图 1-2

运算式：$y(t)=f_1(t)\cdot f_2(t)$

3. 数乘：

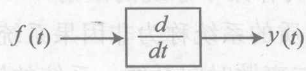


数乘器

图 1-3

运算式：$y(t)=af(t)$

4. 微分：

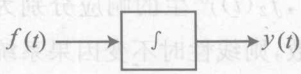


微分器

图 1-4

运算式：$y(t)=\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}f(t)$

5. 积分器：



积分器

图 1-5

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

1.1.7 系统的定义与分类

系统是能够处理各种输入的物理实体，而模型是系统基本特性的数学抽象。本课程研究系统，就是研究它的数学模型。

根据系统数学模型的差异，系统可分为

(1)有记忆系统和无记忆系统。若系统在 t_0 时刻的响应 $y(t_0)$，不仅与 t_0 时刻的激励 $f(t_0)$ 有关，且与区间 $(-\infty,t_0)$ 的激励有关，则这种系统称为有记忆系统。若系统在 t_0 时刻的响应 $y(t_0)$ 只与 t_0 时刻的激励 $f(t_0)$ 有关，而与区间 $(-\infty,t_0)$ 的激励无关，则这种系统称为静态系统，也称无记忆系统或即时系统。

(2)线性系统与非线性系统。能同时满足齐次性与叠加性的系统称为线性系统。满足叠加性是线性系统的必要条件。不能同时满足齐次性与叠加性的系统称为非线性系统。

(3)时不变系统与时变系统。随着时间的变化,系统的数学模型保持不变的系统就为时不变系统,否则为时变系统。

(4)因果系统与非因果系统。能满足因果性质的系统称为因果系统,现实世界中只有因果系统是可实现的,因此也称可实现系统。因果系统的特点是,当 $t>0$ 时作用于系统的激励,$t<0$ 时不会在系统中产生响应。不能满足因果性质的系统称为非因果系统。

(5)连续时间系统与离散时间系统。系统的输入和输出是时间的连续函数,则为连续时间系统,反之为离散时间系统。

理解重点:因果系统与非因果系统,线性系统与非线性系统。

1.1.8 线性时不变因果系统的性质

设激励 $f(t),f_1(t),f_2(t)$ 产生的响应分别为 $y(t),y_1(t),y_2(t)$,并设 A,A_1,A_2 为任意常数,则线性时不变因果系统有如下性质:

(1)齐次性　$Af(t)\rightarrow Ay(t)$,即 $Ay(t)=T[Af(t)]$

(2)叠加性　$f_1(t)+f_2(t)\rightarrow y_1(t)+y_2(t)$,即 $y_1(t)+y_2(t)=T[f_1(t)+f_2(t)]$

(3)线性　$A_1f_1(t)+A_2f_2(t)\rightarrow A_1y_1(t)+A_2y_2(t)$,即 $A_1y_1(t)+A_2y_2(t)=T[A_1f_1(t)+A_2f_2(t)]$

(4)时不变性(定常性、延迟性)　$f(t-\tau)\rightarrow y(t-\tau)$,即 $y(t-\tau)=T[f(t-\tau)]$

(5)微分性　$\dfrac{\mathrm{d}f(t)}{\mathrm{d}t}\rightarrow\dfrac{\mathrm{d}y(t)}{\mathrm{d}t}$,即 $\dfrac{\mathrm{d}y(t)}{\mathrm{d}t}=T\left[\dfrac{\mathrm{d}f(t)}{\mathrm{d}t}\right]$

(6)积分性　$\int_{-\infty}^{t}f(\tau)\mathrm{d}\tau\rightarrow\int_{-\infty}^{t}y(\tau)\mathrm{d}\tau$,即 $\int_{-\infty}^{t}y(\tau)\mathrm{d}\tau=T\left[\int_{-\infty}^{t}f(\tau)\mathrm{d}\tau\right]$

(7)因果性　若当 $t<0$ 时激励 $f(t)=0$,则当 $t<0$ 时响应 $y(t)=0$。或者说当 $t>0$ 时作用于系统的激励 $f(t)$,在 $t<0$ 时不会在系统中产生响应。