

工 科 核 心 课 程 学 习 辅 导 丛 书

信号与系统分析

学习要点与习题解析

谭阳红 何怡刚 编著

依 据 教学大纲

紧 扣 权威教材

利 于 自学 辅导

精 选 例 题 提示解题方法

模 拟 自 测 提供答案



国防科技大学出版社

工科核心课程学习辅导丛书

电子信息类

信号与系统分析

学习要点与习题解析

谭阳红 何怡刚 编著

国防科技大学出版社

·长沙·

内 容 简 介

本书根据教育部“信号与系统”课程教学大纲和国内流行版本的内容编写。内容包括:信号与系统的基本概念,连续时间系统的时域分析、频域分析和复频域分析,离散时间系统的时域分析和Z域分析,系统函数分析,状态变量法分析。每章内容包括:基本要求、内容要点与方法、自测题。附有课程结业模拟试卷。本书为信息类、控制类及相关学科的本科生课程学习与教学参考书,亦可作考研基础阶段复习之用。

图书在版编目(CIP)数据

信号与系统分析学习要点与习题解析/谭阳红等编著. —长沙:国防科技大学出版社, 2004.12

ISBN 7-81099-153-1

I. 信… II. ①谭…②何… III. 信号分析—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(2004)第 127653 号

国防科技大学出版社出版发行

电话:(0731)4572640 邮政编码:410073

E-mail: gfkdcbs@public.cs.hn.cn

责任编辑:潘·生 责任校对:肖·滨

新华书店总店北京发行所经销

国防科技大学印刷厂印装

*

开本:787×1092 1/16 印张:18.25 字数:422 千

2004 年 12 月第 1 次印刷 印数:1-3000 册

ISBN 7-81099-153-1/TN·15

定价:26.00 元

前 言

随着世界信息科学技术飞速发展和信息技术广泛深入传统技术领域,信号和系统的概念和运行规律的研究更显重要。信号与系统分析课程在通信、自动控制、电子计算机、仪表仪器和机电等专业中占有极重要地位,是核心的专业基础课。该课程讲述的理论不仅是信息通信系统分析检验和设计的理论工具,而且是信息类专业承前启后的重要课程,也是多数高校硕士生入学考试课程。

本书根据国内流行教材的内容板块和教学大纲的要求,在作者多年教学的经验基础上编写而成。分九章归纳辅导,前八章讲述基本内容,第九章提供课程结业模拟试卷,形成一个由内容归纳、典型例题解题指导,习题练习到课程结业模拟测试的完整过程。作者希望本书能成为本科生学习信号与系统分析课程的良好益友。

由于时间仓促和经验有限,书中可能有差错之处,恳请批评指正。

作者

于湖南大学电气与信息工程学院

2004 年 12 月

工科核心课程学习辅导丛书

电子信息类:

1. 模拟电子技术基础学习要点与习题解析
2. 数字电路学习要点与习题解析
3. 信号与系统分析学习要点与习题解析
4. 通信电路与通信原理学习要点与习题解析
5. 自动控制原理学习要点与习题解析

策划:潘生

目 录

第一章 信号与系统概念

1.1 基本要求	(1)
1.2 内容提要	(1)
1.2.1 信号的分类及其定义	(1)
1.2.2 系统的定义与表示	(2)
1.2.3 系统的性质与分类	(3)
1.3 典型例题	(4)
1.4 习 题	(7)
参考答案	(9)

第二章 连续时间系统的时域分析

2.1 基本要求	(11)
2.2 内容提要	(11)
2.2.1 常见的连续信号	(11)
2.2.2 信号的变换	(13)
2.2.3 连续系统的时域分析	(15)
2.3 典型例题	(18)
2.4 习 题	(32)
参考答案	(38)

第三章 离散时间系统的时域分析

3.1 基本要求	(41)
3.2 内容提要	(41)
3.2.1 基本概念	(41)
3.2.2 离散系统的时域分析	(43)
3.3 典型例题	(45)
3.4 习 题	(54)
参考答案	(58)

第四章 连续信号时间系统的频域分析

4.1 基本要求	(60)
4.2 内容提要	(60)
4.2.1 信号的正交分解和傅里叶级数	(60)
4.2.2 非周期信号的 Fourier 变换	(65)

4.2.3 抽样信号及抽样定理	(71)
4.2.4 信号的调制与解调	(72)
4.2.5 无失真传输和滤波	(74)
4.2.6 连续时间 LTI 系统的频域分析	(77)
4.3 典型例题	(79)
4.4 习 题	(117)
参考答案	(128)

第五章 连续时间系统复频域分析

5.1 基本要求	(132)
5.2 内容提要	(132)
5.2.1 拉普拉斯变换	(132)
5.2.2 电路元件的 s 域模型	(135)
5.2.3 线性系统的复频域分析方法	(136)
5.2.4 系统的 s 域框图	(137)
5.2.5 双边拉普拉斯变换	(139)
5.3 典型例题	(141)
5.4 习 题	(162)
参考答案	(166)

第六章 离散时间系统 z 域分析

6.1 基本要求	(167)
6.2 内容提要	(167)
6.2.1 z 变换	(167)
6.2.2 离散系统的 z 域分析	(171)
6.2.3 离散时间系统的系统函数	(171)
6.2.4 系统的 z 域框图	(172)
6.3 典型例题	(174)
6.4 习 题	(186)
参考答案	(188)

第七章 系统函数分析

7.1 基本要求	(191)
7.2 内容提要	(191)
7.2.1 系统函数	(191)
7.2.2 连续时间系统的系统函数	(192)
7.2.3 离散系统的系统函数	(195)
7.2.4 信号流图	(197)
7.2.5 系统模拟	(198)
7.3 典型例题	(199)
7.4 习 题	(218)

参考答案	(222)
------------	-------

第八章 状态变量法

8.1 基本要求	(225)
8.2 内容提要	(225)
8.2.1 基本概念	(225)
8.2.2 连续时间系统状态方程的建立	(226)
8.2.3 连续时间系统状态方程的求解	(229)
8.2.4 离散时间系统状态方程的建立	(231)
8.2.5 离散时间系统状态方程的求解	(231)
8.2.6 状态矢量的线性变换	(232)
8.2.7 由状态方程判断系统的性质	(233)
8.3 典型例题	(233)
8.4 习 题	(260)
参考答案	(266)

第九章 课程结业模拟试卷及参考答案

9.1 模拟试卷(一)	(272)
9.2 模拟试卷(二)	(275)
9.3 模拟试卷(三)	(278)

第一章 信号与系统概念

1.1 基本要求

理解信号与系统的概念,理解信号的分类,理解系统的分类、描述和性质,深刻理解线性系统的概念。

1.2 内容提要

1.2.1 信号的分类及其定义

1. 信号的定义

信号是带有信息(如声音、图像、文本数据等)的随时间(空间)变化的物理量或物理现象。它是系统的加工对象,它的图像称为波形。

2. 信号的分类

信号可以从不同的角度进行分类,通常有以下几种:

① 确定性信号和随机性信号:

确定性信号:它通常可以表示为时间的函数,在给定的时刻,信号的取值是确定的,而且,它所包含信息的不同就体现在取值变化规律上。

随机性信号:在某时刻信号的取值是随机的、不确定的。

② 连续时间信号和离散时间信号

这是依据信号的定义域是否连续来分类的。如果信号在连续的时间范围内有定义,则是连续时间信号;反之,就是离散时间信号。这里,注意离散信号与数字信号的区别。数字信号是指不仅在定义域时间上离散,而且在幅度上也离散(量化后而得到)的信号,数字信号是离散信号的一种特例。

连续时间信号用 $f(t)$ 表示,离散时间信号用 $f(k)$ ($k \in \mathbf{N}$) 表示。

③ 周期信号和非周期信号

对一个定义在 $(-\infty, \infty)$ 区间的信号,如果存在最小的正值 T 和 N ,对任给的 t 和 k 有: $f(t + mT) = f(t)$, $f(k + mN) = f(k)$ $m \in \mathbf{N}$,则该信号为周期信号。反之,是非周期信号。

④ 实信号和复信号

在任意时刻,信号的取值为实数的信号是实信号;如果信号的取值为复数,则该信号是复信号。实信号是物理可实现的;而复信号是不可物理实现的,它是为了理论分析的方

便而引入的周期信号。

⑤ 功率信号和能量信号

信号的能量 E 定义为

$$E = \lim_{a \rightarrow -\infty} \int_{-a}^a |f(t)|^2 dt \text{ 或 } E = \sum_{k=-\infty}^{\infty} |f(k)|^2$$

如果 E 有限, 即 $0 < E < \infty$ (这时 $P = 0$), 则 $f(t)$ 为能量有限信号, 简称为能量信号, 如门函数。

信号的功率 P 定义为

$$P = \lim_{a \rightarrow \infty} \frac{1}{2a} \int_{-a}^a |f(t)|^2 dt$$

如果 P 有限, 即 $0 < P < \infty$ (这时 $E \rightarrow \infty$), 则 $f(t)$ 是功率有限信号, 简称为功率信号, 如阶跃信号和周期信号。

⑥ 奇信号和偶信号

如果信号的波形关于原点对称, 即 $f(-t) = -f(t)$ 或 $f(-k) = -f(k)$, 则 $f(t)$ 或 $f(k)$ 是奇信号;

如果信号的波形关于纵轴对称, 即 $f(-t) = f(t)$ 或 $f(-k) = f(k)$, 则 $f(t)$ 或 $f(k)$ 是偶信号。

⑦ 因果信号和非因果信号

只有当 $t \geq t_0$ ($t_0 \in \mathbf{R}$) 时, 信号有非零值, 而当 $t < t_0$ 时, 信号取值为零, 这样的信号为右边信号; 当 $t_0 = 0$ 时, 叫因果信号, 通常可用 $f(t)\epsilon(t)$ 或 $f(k)\epsilon(k)$ 表示。反之, 当 $t \geq t_0$ 时取值为零, 而当 $t < t_0$ 时取值不为零的信号是左边信号; 当 $t_0 = 0$ 时叫反因果信号, 可用 $f(t)\epsilon(-t)$ 或 $f(k)\epsilon(-k)$ 表示。

⑧ 一维信号和 multidimensional 信号

如果信号可以表示 k 个独立变量的函数, 则这个信号叫 k 维信号。当 $k = 1$ 时, 是一维信号; 当 $k = 2$ 时, 是二维信号; 当 $k > 2$ 时, 是 multidimensional 信号。

1.2.2 系统的定义与表示

1. 系统的定义

由若干相互关联、相互作用的部件, 按一定规律组合在一起的具有特定功能的整体称为系统, 它是对信号进行存储、转化、处理的物理装置。

2. 系统的描述

系统的描述即为表示系统的激励与响应之间的关系, 通常有以下几种方式:

① 箭头表示

$$f(t) \rightarrow \boxed{\text{sys}} \rightarrow y(t), \text{ 简记为 } f(t) \rightarrow y(t)$$

$$\text{或 } f(k) \rightarrow \boxed{\text{sys}} \rightarrow y(k), \text{ 简记为 } f(k) \rightarrow y(k)$$

$f(t)$ 和 $f(k)$ 为激励, $y(t)$ 和 $y(k)$ 表示响应。

② 方框图表示

$$f(t) \rightarrow \boxed{T} \rightarrow y(t)$$

$$\text{或 } f(k) \rightarrow \boxed{T} \rightarrow y(k)$$

方框 T (Transformation) 代表某种特定功能的部件,也可表示一个子系统。我们关注的重点不是 T 的具体结构,而是其输入输出之间的关系。

框图的基本单位有积分器、延迟单元、加法器、标量乘法器等。

③ 数学表示(数学模型)

描述连续系统的数学模型是微分方程,如

$$y''(t) + 3y'(t) + 2y(t) = f(t)$$

描述离散系统的数学模型是差分方程

$$y(k) + 4y(k-1) + 4y(k-2) = f(k) - 3f(k-2)$$

④ 算子法

$y(t) = T[f(t)]$ 或 $y(k) = T[f(k)]$, $T[\cdot]$ 表示算子,不同的系统可用不同的算子表示。

1.2.3 系统的性质与分类

1. 系统的分类

根据系统特性的不同,可以分成不同类型的系统。

① 线性系统和非线性系统

凡具有分解性,且零输入线性和零状态线性的系统是线性系统;否则,就是非线性系统。线性系统的数学模型是线性微(差)分方程。

② 时变系统和时不变系统

如果系统的性质不随时间而变化,则称这样的系统为时不变(非时变)系统;否则,称为时变系统。

描述线性时不变(LTI)系统的数学模型是线性常微(差)分方程。

对于时不变系统,零状态响应的形式与输入接入的时间无关,即

$$\text{如果 } f(t) \rightarrow \boxed{\text{sys}} \rightarrow y_f(t) \text{ 或 } f(k) \rightarrow \boxed{\text{sys}} \rightarrow y_f(k)$$

$$\text{则 } f(t - t_0) \rightarrow \boxed{\text{sys}} \rightarrow y_f(t - t_0) \quad \text{或} \quad f(k - k_0) \rightarrow \boxed{\text{sys}} \rightarrow y_f(k - k_0)$$

③ 因果系统和非因果系统

系统的零状态响应不出现于激励之前的系统是因果系统,否则为非因果系统。即因果系统在任意时刻的输出只与其历史输入(当前输入和以前输入)有关,而与其未来输入没有关系。而非因果系统的输出不仅与其历史输入有关,也与其未来输入有关,即响应可以领先于输入。

教学中发现很多学生对因果系统总是难于理解。其实,我们可以做一个简单的类比:

激励可以类比成“钟”,而响应可以类比为“钟声”。对一个因果系统而言,先有激励后有响应,同样,先有“钟”才有“钟声”,即“钟声”不能先于“钟”出现。这样,就好理解了。

④ 有记忆系统和无记忆系统

输出不仅与当前的输入有关,而且与过去的输入有关的系统是有记忆系统。输出只与

当前时刻的输入有关,而与其过去的输入无关的系统是无记忆系统。含记忆元件(如电感、电容等)的系统是有记忆系统。

⑤ 稳定系统与非稳定系统

对有界的输入 $f(\cdot)$, 其零状态响应 $y_f(\cdot)$ 也有界的系统是有界输入、有界输出的稳定系统, 简称为稳定系统, 即

$$|f(\cdot)| < \infty \text{ 时, } |y_f(\cdot)| < \infty$$

否则, 为非稳定系统。

⑥ 连续时间系统和离散时间系统

当系统的输入是连续时间信号时, 产生的响应也是连续信号的系统是连续时间系统; 输入输出均为离散时间序列的系统是离散时间系统。

⑦ 集总参数系统和分布参数系统

只由集总元件组成的系统是集总参数系统; 含有分布参数元件的系统是分布参数系统。

⑧ 可逆系统与不可逆系统

若在系统在不同的激励信号作用下产生不同的响应, 则称此系统是可逆系统。每个可逆系统都存在着逆系统。

⑨ 随机性系统和确定性系统

2. 线性时不变系统的性质

① 齐次性: 如果 $f(\cdot) \rightarrow y(\cdot)$, 则 $af(\cdot) \rightarrow ay(\cdot)$, 其中 a 为常数。

② 可加性: 如果 $f_1(\cdot) \rightarrow y_1(\cdot)$, $f_2(\cdot) \rightarrow y_2(\cdot)$, 则

$$f_1(\cdot) + f_2(\cdot) \rightarrow y_1(\cdot) + y_2(\cdot)$$

③ 线性: 如果 $f_1(\cdot) \rightarrow y_1(\cdot)$, $f_2(\cdot) \rightarrow y_2(\cdot)$, 则

$$af_1(\cdot) + bf_2(\cdot) \rightarrow ay_1(\cdot) + by_2(\cdot), \text{ 其中 } a, b \text{ 为常数。}$$

④ 时不变性: 如果 $f(t) \rightarrow y(t)$, 则 $f(t - \tau) \rightarrow y(t - \tau)$, τ 为常数, 如果 $f(k) \rightarrow y(k)$, 则 $f(k - k_0) \rightarrow y(k - k_0)$, k_0 为常数。

⑤ 因果性: 系统在因果信号 $f(\cdot)$ 的作用下, 有响应 $y(\cdot) = y(\cdot)\varepsilon(\cdot)$, 即当 $t < 0$ 时, 响应 $y(\cdot) = 0$ 。

3. 系统分析方法

① 输入输出分析法	{	时域法	{	连续系统	傅里叶变换法
		变换法		离散系统	拉普拉斯变换法
					z 变换法

② 状态变量法

1.3 典型例题

【例 1.1】判定下列方程所描述的系统的线性、时变性质。

- (1) $y''(t) + 2y'(t) + \sin ty(t) = f(t)$
 (2) $y(k) + y(k-1)y(k-3) = f(k-1)$
 (3) $y'(t) + [y(t)]^3 = 3f(t)$
 (4) $y'(t) + ty(t) = f(t)$

解 (1) 系统是线性时变系统。

(2) 系统是非线性时不变系统。

(3) 系统是非线性时不变系统。

(4) 系统是线性时变系统。

注 从系统方程来判断系统的线性与时变性质非常简单:如果微分方程是线性方程,则系统为线性系统;如果微分方程是常数系数方程,则系统为时不变系统;反之亦反。

【例 1.2】 判断下列系统的线性、时变和因果特性,设系统的输入输出分别为 $f(t)$ 、 $y(t)$ 。

(A) $y(t) = \sin t \cdot f(t)$

(B) $y(k) = \sum_{k_1=-N}^N f(k-k_1)$

解 (1) 线性性质的判定:根据可分性和齐次性判定。

a. 很明显,系统具可分性。

b. 设系统 A 在 $f_1(t)$ 的作用下产生响应 $y_1(t)$,即

$$f_1(t) \rightarrow \boxed{\text{sys}} \rightarrow y_1(t) = \sin t \cdot f_1(t)$$

同时

$$f_2(t) \rightarrow \boxed{\text{sys}} \rightarrow y_2(t) = \sin t \cdot f_2(t)$$

则当 $f_1(t)$ 与 $f_2(t)$ 的线性组合作用于系统时,设产生的响应为 $y(t)$

$$af_1(t) + bf_2(t) \rightarrow \boxed{\text{sys}} \rightarrow y(t)$$

由已知条件有

$$\begin{aligned} y(t) &= \sin t \cdot [af_1(t) + bf_2(t)] = a \sin t \cdot f_1(t) + b \sin t \cdot f_2(t) \\ &= ay_1(t) + by_2(t) \end{aligned}$$

可见,系统的响应亦为 $y_1(t)$ 和 $y_2(t)$ 的线性组合。

故系统满足齐次性,所以该系统为线性系统。

同理,可判断系统 B 为非线性系统。

(2) 时不变性的判定:根据系统是否具有平移不定性来判定系统是否时变。对系统 A,由题意有:

$$f(t) \rightarrow \boxed{\text{sys}} \rightarrow y(t) = \sin t \cdot f(t)$$

$$f(t-\tau) \rightarrow \boxed{\text{sys}} \rightarrow y_1(t)$$

$$y_1(t) = \sin t f(t-\tau) \neq \sin(t-\tau) \cdot f(t-\tau)$$

所以,系统不具有平移不变性,故系统为时变系统。

同理,可判断出系统 B 是时不变系统。

(3) 因果性的判断:看系统的零状态输出是否先于激励而存在。对系统 A 有:任意时刻 t 的系统输出只与 t 时刻的 $f(t)$ 有关系,故系统 A 为因果系统。

同理,可判断系统为非因果系统。

【例 1.3】 设系统的激励为 $f(\cdot)$,全响应为 $y(\cdot)$ 。试判断下列各系统是否是线性、时变、因果、稳定系统。

$$(1) y(k) = 3f(k) + 6$$

$$(2) y(t) = f(-t)$$

$$(3) y(t) = f(t-1) - f(1-t)$$

$$(4) y(t) = tf(t)$$

解 (1) 系统是非线性系统,实际上它是一个增量线性系统。

系统是时不变系统,因为它具有平移不变性。

系统是因果系统,因为任意 k 时刻的输出只与该时刻的激励有关系。

系统是稳定系统,因为当 $|f(k)| < M$ (M 为正数, $M < \infty$) 时, $|y(k)| < 2M + 6 < \infty$ 。

(2) 系统为线性时变,非因果的稳定系统。

(3) 系统为线性时变,非因果的稳定系统。

(4) 系统为线性时变,因果的不稳定系统。

【例 1.4】 一线性时不变系统,在相同的初始条件下,当激励为 $f(t)$ 时的全响应为 $y_1(t) = (2e^{-3t} + \cos 2t)\epsilon(t)$;当激励为 $2f(t)$ 时的全响应为 $y_2(t) = e^{-3t} + 2\cos 2t, t > 0$ 。

求:(1) 初始条件不变,激励为 $3f(t-1)$ 时的全响应 $y_3(t)$ 。

(2) 初始条件增大 1 倍,激励为 $0.5f(t)$ 时的全响应 $y_4(t)$ 。

分析 线性时不变系统应满足:

① 可分性;

② 零输入响应线性;

③ 零状态响应线性。

本题即考查线性时不变系统性质的运用。

解 设当初始条件不变时的零输入响应为 $y_x(t)$,零状态响应为 $y_f(t)$,故有

$$y_1(t) = y_x(t) + y_f(t) = (2e^{-3t} + \cos 2t)\epsilon(t)$$

$$y_2(t) = y_x(t) + 2y_f(t) = (e^{-3t} + 2\cos 2t)\epsilon(t)$$

可解得

$$y_x(t) = 3e^{-3t}\epsilon(t)$$

$$y_f(t) = (-e^{-3t} + \cos 2t)\epsilon(t)$$

$$\text{故 } y_3(t) = y_x(t) + 3y_f(t-1) = 3e^{-3t}\epsilon(t) - 3[e^{-3(t-1)} - \cos 2(t-1)]\epsilon(t-1)$$

$$y_4(t) = 2y_x(t) + 0.5y_f(t) = (5.5e^{-3t} + 0.5\cos 2t)\epsilon(t)$$

【例 1.5】 某系统的单位脉冲(序列)响应为 $h(k) = (\frac{1}{2})^k \epsilon(k)$,判断该系统的记忆性、因果性和稳定性。

解 (1) 因果性

当 $k < 0$ 时, $h(k) = 0$

所以,系统具因果性质。

(2) 记忆性

由 $h(k) = (\frac{1}{2})^k \epsilon(k)$ 可以看出,系统无记忆性。

(3) 稳定性

很明显, $h(k)$ 有界,故系统稳定。

注 如果将 $h(k)$ 的表达式改为: $h(k) = (\frac{1}{2})^k \epsilon(k+1)$ 则系统为非因果、有记忆的
稳定系统。

1.4 习 题

【题 1.1】 判断下列系统的线性、因果性和时变性质。

$$(1) y(k) = \sum_{n=k-10}^{k+25} f(n)$$

$$(2) y(k) = f(2-k) + f(k)$$

$$(3) y(t) = 3^{e(t)}$$

$$(4) y(t) = (t+2)f(t)$$

$$(5) y''(t) + 10y(t) = 3f(t)$$

$$(6) y' + t^2 y(t) = 5f(t)$$

$$(7) y(t) = y(t_0) \sin t + 5at^2 f(t)$$

【题 1.2】 已知如下系统,在表格中标明系统特性,符合者打“√”,不符合者打“×”。

$$(1) \frac{dy(t)}{dt} + 8y(t) = 2f(t) \quad (2) \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + 3 \frac{dy(t)}{dt} + 2y(t) = f(t+10)$$

$$(3) \frac{dy(t)}{dt} + t^3 y(t) = f(t) \quad (4) 3y(t) = f(t+5) + f^2(t)$$

特性	信号(1)	信号(2)	信号(3)	信号(4)
线性				
时不变				
因果				
有记忆				

【题 1.3】 选择题

(1) 已知某系统激励 $f(k)$ 与响应 $y(k)$ 之间的关系为 $y(k) = f(k) + 80$, 则该系统为 ()。

A. 线性系统

B. 非线性系统

(2) 某系统的激励 $f(t)$ 与响应 $y(t)$ 之间的关系为 $y(t) = (t+7)f(t)$, 则该系统为 ()。

- A. 线性系统
C. 因果系统

- B. 时不变系统。
D. 稳定系统

(3) 下列说法正确的是()。

- A. e^{-2t} 是功率信号
C. 所有非周期信号都是能量信号

- B. 两个周期信号之和一定是周期信号
D. 所有非周期信号都是功率信号

(4) 下列叙述正确的是()。

- A. 各种数字信号都是离散信号
C. 各种离散信号都是数字信号

- B. 数字信号的幅度只取 0 和 1
D. 将数字信号滤波可得模拟信号

(5) 已知如下四个系统, $f(t)$ 、 $f(k)$ 代表系统输入, $y(t)$ 、 $y(k)$ 代表响应。其中, 线性系统的有(); 时不变系统有(), 因果系统有(); 记忆系统有()。

A. $y'(t) - 3ty'(t) = f(t)$

B. $y'(t) - 3y(t)y(3t) = f(t)$

C. $y(k) = f(k)f(k+10)$

D. $y(k) = 3^{f(k)} \cdot f(k)$

【题 1.4】 某系统当输入为 $\delta(t-2\tau)$ 时, 输出为 $h(t) = \epsilon(t-\tau) - \epsilon(t-3\tau)$, 判断该系统的因果和时变性质。

【题 1.5】 对以下系统, 试判断其线性、时不变、因果、稳定、记忆等特性, 并说明理由。

(1) $y(k) = \sum_{n=k-3}^{k+2} f(n)$

(2) $y(t) = f(t-10) - f(10-t)$

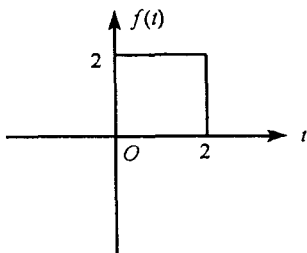
(3) $y(k) = 3ky(k)$

【题 1.6】 设离散系统的输入输出为 $f(k)$ 和 $y(k)$, 试填下列表格:

系统的输入输出关系	性质			
	线性	时变性	因果性	稳定性
① $y(k) = e^{f(k)}$				
② $y(k) = f(k-2) - f(1-k)$				
③ $y(k) = \sum_{k_1=5}^5 f(k-k_1)$				
④ $y(k) = \begin{cases} f(k) & k \geq 1 \\ 0 & k = 0 \\ f(k-3) & k \leq -1 \end{cases}$				

【题 1.7】 某线性时不变因果系统, 已知当激励 $f_1(t) = \epsilon(t)$ 时的全响应 $y_1(t) = e^{-t} + 2e^{-2t}$, $t > 0$; 当激励 $f_2(t) = 2\epsilon(t)$ 时的全响应 $y_2(t) = (3e^{-t} + 5e^{-2t})\epsilon(t)$, 求:

- (1) 系统在与 $\delta(t-1)$ 作用下的全响应;
(2) 系统在题 1.7 图示所示激励作用下的全响应。



题 1.7 图

【题 1.8】 某线性时不变系统,初始贮能不为零,当输入 $f_1(t) = \epsilon(t)$ 时,输出为 $y_1(t) = 2e^{-2t}\epsilon(t)$;当输入为 $f_2(t) = 2\epsilon(t)$ 时,响应 $y_2(t) = e^{-2t}\epsilon(t) + e^{-t}\epsilon(t)$ 。求系统在 $f(t) = -\frac{1}{2}f(t+1)$ 作用下的全响应。

参考答案

1.1 (1) 线性、时不变、非因果系统

(2) 线性、时变、非因果系统

(3) 非线性时不变因果系统

(4) 线性时变因果系统

(5) 线性时不变因果系统

(6) 非线性时变因果系统

(7) 线性时不变因果系统

1.2

信号(1)	信号(2)	信号(3)	信号(4)
线性 ✓	×	✓	×
时不变 ✓	×	✓	✓
因果 ✓	✓	×	×
有记忆 ✓	✓	✓	×

1.3 (1)B (2)A;C (3)B (4)A (5)A;B;C;D

1.4 非因果、时变系统

1.5 (1) 线性时不变、非因果稳定系统,有记忆

(2) 线性时变、非因果稳定系统,有记忆

(3) 线性时变、非因果不稳定、无记忆系统

1.6