

● 本讲内容聚焦

● 典型例题

● 课后作业

信号与系统

辅导讲案

主讲教材《信号与系统》（高教·第二版）

范世贵 编著

精品课·名师讲堂丛书

信号与系统 辅导讲案

——主讲教材《信号与系统》(高教·第二版)

范世贵 编著

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是西北工业大学出版社为落实和推动教育部实施的“精品课程建设工程”和“教育质量工程”，而精心策划和组织编写的“精品课程·名师讲堂”丛书之一，主讲教材为郑君里等编著的《信号与系统》(第二版)。全书共9讲，每讲内容为：本讲内容聚焦(内容概要，知识结构图解，重点、难点点击)，典型例题，课后作业。书后有两个附录：主讲教材《信号与系统》(第二版)习题精选详解，全国部分重点大学考研试题及解答。

本书可作为大学生自学指导、考研人员系统复习、任课教师教学参考用书，也可作为考研辅导班教材。

图书在版编目(CIP)数据

信号与系统辅导讲案/范世贵编著. —西安:西北工业大学出版社, 2007.8

(精品课程·名师讲堂丛书)

ISBN 978-7-5612-2261-4

I. 信… II. 范… 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(2007)第 110671 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电话:(029) 88493844 88491757

网址:www.nwpup.com

印刷者:陕西丰源印务有限公司

开本:850 mm×1 168 mm 1/32

印张:10.75

字数:355 千字

版次:2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

定价:15.00 元



前 言

本书是西北工业大学出版社为落实和推动教育部实施的“精品课程建设工程”和“教育质量工程”，而精心策划和组织编写的“精品课程·名师讲堂”丛书之一，主讲教材为郑君里、应启珩、杨为理编著的《信号与系统》（第2版），兼顾其他版本的《信号与系统》教材。全书共9讲，每讲内容包括：本讲内容聚焦——内容概要，知识结构图解，重点、难点点击；典型例题；课后作业（附答案）。典型例题和课后作业，均选自全国重点大学的考研试题。书后有两个附录：主讲教材《信号与系统》（第2版）各章习题精选详解；全国部分重点大学考研试题及解答。

本书倾注了编者对信号与系统课程教学内容和教学方法苦心研究的成果，对信号与系统课程内容深度、新度、广度、量度的理解和把握，对长期教学实践经验的凝结与升华，对国内外知名大学优秀教学成果的学习与借鉴，对研究生招生考试重点、热点、难点规律的认识与探索。

人间自有真情在，洒向读者都是爱。要问此爱有多深，本书代表编者心。古人云：“君子爱人，必教之以其方”。本书会教你“博学之，审问之，慎思之，明辨之，笃行之”。好书凭借力，送君上青云。莘莘学子用此书，会学业有成，出类拔萃；广大考生用此书，会金榜题名，展翅鹏程；任课教师用此书，会桃李芬芳，英才神州。本书可作为大学生自学指导、考研人员系统复习、任课教师教学参考用书，也可作为考研辅导班的教材。

在本书的编写与出版过程中，西北工业大学电子信息工程学院和西北工业大学出版社给予了大力支持和帮助，参阅了大量书籍、资料和试题库试题，在此谨表诚挚谢意。

编 者

2007年5月

目 录

第 1 讲 信号与系统的基本概念	1
1.1 本讲内容聚焦	1
一、内容概要	1
二、知识结构图解	1
三、重点、难点点击	1
1.2 典型例题	11
1.3 课后作业	20
第 2 讲 连续系统时域分析	23
2.1 本讲内容聚焦	23
一、内容概要	23
二、知识结构图解	24
三、重点、难点点击	25
2.2 典型例题	28
2.3 课后作业	36
第 3 讲 连续信号频域分析	39
3.1 本讲内容聚焦	39
一、内容概要	39
二、知识结构图解	40
三、重点、难点点击	41
3.2 典型例题	49
3.3 课后作业	60
第 4 讲 连续系统频域分析	62
4.1 本讲内容聚焦	62
一、内容概要	62

二、知识结构图解	63
三、重点、难点点击	64
4.2 典型例题	71
4.3 课后作业	82
第5讲 连续系统 s 域分析	86
5.1 本讲内容聚焦	86
一、内容概要	86
二、知识结构图解	87
三、重点、难点点击	88
5.2 典型例题	94
5.3 课后作业	100
第6讲 s 域系统函数与系统 s 域模拟	103
6.1 本讲内容聚焦	103
一、内容概要	103
二、知识结构图解	104
三、重点、难点点击	104
6.2 典型例题	108
6.3 课后作业	118
第7讲 离散信号与系统时域分析	121
7.1 本讲内容聚焦	121
一、内容概要	121
二、知识结构图解	122
三、重点、难点点击	123
7.2 典型例题	133
7.3 课后作业	145
第8讲 离散信号与系统 z 域分析	148
8.1 本讲内容聚焦	148
一、内容概要	148
二、知识结构图解	149

三、重点、难点点击	150
8.2 典型例题	156
8.3 课后作业	167
第9讲 状态变量法	170
9.1 本讲内容聚焦	170
一、内容概要	170
二、知识结构图解	171
三、重点、难点点击	172
9.2 典型例题	174
9.3 课后作业	186
附录	189
一、主讲教材《信号与系统》(第2版)习题精选详解	189
第1章 绪论	189
第2章 连续时间系统的时域分析	199
第3章 傅里叶变换	210
第4章 拉普拉斯变换, 连续时间系统的 s 域分析	227
第5章 傅里叶变换应用于通信系统—— 滤波, 调制与抽样	247
第7章 离散时间系统的时域分析	259
第8章 z 变换, 离散时间系统的 z 域分析	274
第12章 系统的状态变量分析	289
二、重点大学考研试题及解答	299
I. 北京交通大学研究生招生信号与系统课程试题及解答	299
II. 北京航空航天大学研究生招生信号与系统课程试题及 解答	310
III. 西北工业大学研究生招生信号与系统课程试题及解答	317

IV. 中国科学院电子学研究所研究生招生信号与系统课程	
试题及解答	326
参考文献	336

第 1 讲

信号与系统的基本概念

本讲涵盖主讲教材第 1 章内容(4 学时)。

1.1 本讲内容聚焦



一、内容概要

本讲内容包括两部分:第一部分为信号的基本概念与时域分析:信号的定义与分类,基本的连续时间信号的时域描述与性质,信号的时域变换,信号的时域运算,信号的时域分解,完备正交函数集。第二部分为系统的基本概念:系统的定义与分类,线性时不变系统的性质,系统的描述方法,系统的分析方法,系统分析的任务。

本讲内容的重点是:信号的分类与判断,信号的时域描述与性质,信号的时域变换,信号的时域运算,线性时不变系统的性质与应用。这些内容也是考试、考研的重点和热点。

本讲内容是全书内容的基础。深刻理解、掌握并会熟练运算和应用,对学好本课程至为重要。



二、知识结构图解

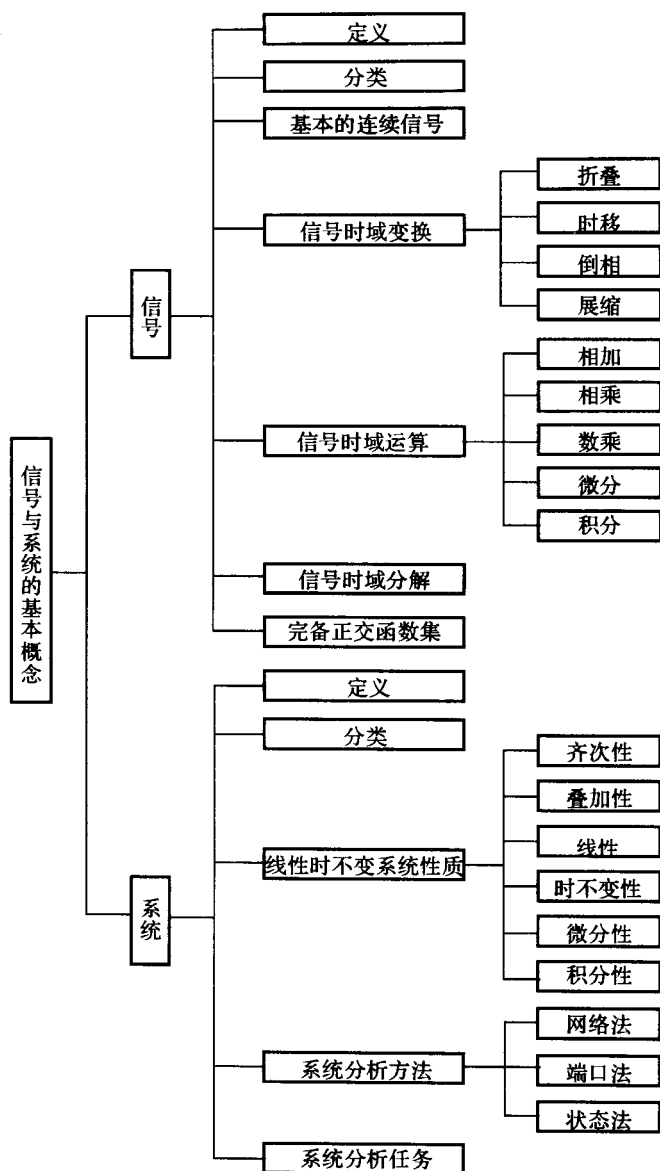
注意:信号的时域变换与信号的时域运算不是一个概念,不可混淆。



三、重点、难点点击

1. 信号的分类

信号的分类方法很多,在考试、考研试题中出现最多的信号分类如下表所示。



序号	分类	定义
1	连续时间信号	自变量 t 的取值是连续的, 即 $t \in \mathbf{R}$
	离散时间信号	自变量 t 的取值是离散的, 即 $t \in \mathbf{Z}$
2	周期信号	具有周期性, 周期为 T , 无始无终
	非周期信号	不具有周期性, $t \in \mathbf{R}$
3	模拟信号	即连续时间信号
	数字信号	对连续时间信号先离散化, 再对离散信号进行量化后的信号, 为数字信号
4	非量化信号	未经过量化的信号
	量化信号	经过量化后的信号
5	因果信号	$t < 0$ 时, $f(t) = 0$; $t > 0$ 时, $f(t) \neq 0$ 的信号
	非因果信号	$t < 0$ 时, $f(t) \neq 0$ 的信号
6	功率信号	若信号的平均功率 $P = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) ^2 dt$ 等于有限值, 能量 $W = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) ^2 dt \rightarrow \infty$, 则为功率信号
	能量信号	若信号的平均功率 $P = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) ^2 dt = 0$, 能量 $W = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) ^2 dt = \text{有限值}$, 则为能量信号
	非功率非能量信号	若信号的平均功率 $P \neq \text{有限值}$, 能量 $W \neq \text{有限值}$, 则为非功率非能量信号

说明:

(1) 数字信号是离散信号, 但离散信号不一定是数字信号; 离散信号经过量化后才是数字信号, 而且数字信号的幅度不一定只取 1 和 0, 可以取任意的整数值。

(2) 两个连续周期信号 $f_1(t)$ 和 $f_2(t)$ 的和信号 $f(t)$ 不一定是周期信号, 只有当这两个周期信号的周期之比 $\frac{T_1}{T_2} = \text{有理数}$ 时, 和信号 $f(t)$ 才是周期信号, 其周期 T 等于 T_1, T_2 的最小公倍数。

(3) 直流信号和有界的周期信号均为功率信号;阶跃信号和有始周期信号也是功率信号;有界的非周期信号均为能量信号;无界的周期信号(例如 $\delta_T(t)$ 信号)和无界的非周期信号(例如 $\delta(t)$ 信号)均为非功率非能量信号。一个信号只能是功率信号和能量信号两者中之一,不会两者都是,但可以两者都不是,这就是非功率非能量信号。

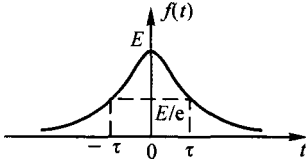
2. 基本的连续信号

序号	名称	函数式	波 形
1	直流信号	$f(t) = A, \quad t \in \mathbf{R}$	
2	正弦信号	$f(t) = A\cos(\omega t), \quad t \in \mathbf{R}$	
3	单位阶跃信号	$U(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 1, & t > 0 \end{cases}$	
4	单位门信号	$G_T(t) = \begin{cases} 0, & t < -\frac{T}{2}, t > \frac{T}{2} \\ 1, & -\frac{T}{2} < t < \frac{T}{2} \end{cases}$	
5	单位冲激信号	$\begin{cases} \delta(t) = \begin{cases} \infty, & t = 0 \\ 0, & t \neq 0 \end{cases} \\ \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1 \end{cases}$	

续表

序号	名称	函数式	波形
6	单位冲激偶信号	$\delta'(t) = \frac{d}{dt}\delta(t)$	
7	符号函数	$\text{sgn}(t) = \begin{cases} 1, & t > 0 \\ -1, & t < 0 \end{cases}$	
8	单位斜坡信号	$r(t) = tU(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ t, & t \geq 0 \end{cases}$ 为无界信号	
9	单边衰减指数信号	$f(t) = Ae^{-\alpha t}U(t)$ ($\alpha > 0$)	
10	抽样信号	$f(t) = \frac{\sin t}{t} = \text{Sa}(t)$ $t \in \mathbb{R}$	
11	单位冲激序列	$\delta_T(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t-nT)$ $n \in \mathbb{Z}$, 为无界周期信号	
12	复指数信号	$f(t) = Ae^{st} = Ae^{\sigma}(\cos\omega t + j\sin\omega t)$ $t \in \mathbb{R}$ $s = \sigma + j\omega$	

续表

序号	名称	函数式	波形
13	钟形信号	$f(t) = E e^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)^2}, t \in \mathbf{R}$	

3. $\delta(t)$ 函数的性质

序号	名称	性质的数学表述
1	与有界函数 $f(t)$ 相乘	$f(t)\delta(t) = f(0)\delta(t), f(t)\delta(t-t_0) = f(t_0)\delta(t-t_0)$
2	抽样性(积分性)	$\int_{-\infty}^{\infty} f(t)\delta(t)dt = f(0), \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\delta(t-t_0)dt = f(t_0)$
3	$\delta(t)$ 为偶函数	$\delta(t) = \delta(-t), \delta(t-t_0) = \delta[-(t-t_0)]$
4	$\delta(t)$ 与 $U(t)$ 的关系	$\delta(t) = \frac{d}{dt}U(t), U(t) = \int_{-\infty}^t \delta(\tau)d\tau$
5	尺度变换(展缩性)	$\delta(at) = \frac{1}{a}\delta(t), a > 0$
6	微分性——单位冲激偶信号	$\delta'(t) = \frac{d}{dt}\delta(t)$
7	卷积性*	$f(t) * \delta(t) = f(t), f(t) * \delta(t \pm T) = f(t \pm T)$
8	无界性	为无界函数

* 注:卷积性见第2讲。

4. $\delta'(t)$ 函数的性质

序号	名 称	性质的数学描述
1	定义	$\delta'(t) = \frac{d}{dt}\delta(t)$
2	奇函数	$\delta'(t) = -\delta'(-t), \quad \delta'(t-t_0) = -\delta'[-(t-t_0)]$
3	与有界函数 $f(t)$ 相乘	$f(t)\delta'(t) = f(0)\delta'(t) - f'(0)\delta(t)$ $f(t)\delta'(t-t_0) = f(t_0)\delta'(t-t_0) - f'(t_0)\delta(t-t_0)$
4	尺度变换(展缩性)	$\delta'(at) = \frac{1}{a^2}\delta'(t), \quad a > 0$
5	积分性	$\int_{-\infty}^{\infty} \delta'(t) dt = 0, \quad \int_{-\infty}^t \delta'(\tau) d\tau = \delta(t)$ $\int_{-\infty}^{\infty} f(t)\delta'(t) dt = -f'(0), \quad \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\delta'(t-t_0) dt = -f'(t_0)$
6	卷积性	$f(t) * \delta'(t) = f'(t), \quad f(t) * \delta'(t \pm T) = f'(t \pm T)$
7	无界性	为无界函数

5. 信号的时域变换

序 号	原信号	变换的名称	变换后的信号
1	$f(t)$	折叠	$f(-t)$
2	$f(t)$	时移 τ	$f(t-\tau)$
3	$f(t)$	倒相	$-f(t)$
4	$f(t)$	展缩	$f(at)$ $0 < a < 1$ 展宽 $a > 1$ 压缩

6. 信号的时域运算

序号	名称	系统模型	运算式	功能
1	相加	加法器	$y(t) = f_1(t) + f_2(t)$	实现加法运算功能
2	相乘	乘法器(调制器)	$y(t) = f_1(t)f_2(t)$	实现乘法运算功能
3	数乘	数乘器	$y(t) = af(t)$	实现数乘运算功能
4	微分	微分器	$y(t) = \frac{d}{dt}f(t)$	实现微分运算功能
5	积分	积分器	$y(t) = \int_{-\infty}^t f(\tau) d\tau$	实现积分运算功能

说明:

(1) 如果信号 $f(t)$ 有第1类间断点, 则其导数 $f'(t)$ 在间断点处将出现冲激函数 $\delta(t)$, $\delta(t)$ 的强度由间断点处 $f(t)$ 的跳变值大小决定, 向上跳变, $\delta(t)$ 取正; 向下跳变, $\delta(t)$ 取负。

(2) 积分运算取决于两个因素: 被积函数的表达式和积分的上、下限。

(3) 含参变量 t 的积分与定积分的运算结果是不同的。前者运算的结果是