



“教育部电子信息科学与工程类基础课程教学指导分委员会”组织

电工电子实验系列教材

信号分析 与处理实验

陈后金 主编

郝晓莉 钱满义 高海林 编



高等教育出版社

“教育部电子信息科学与电气信息类基础课程
教学指导分委员会”组织

电工电子实验系列教材

信号分析与处理实验

陈后金 主编

郝晓莉 钱满义 高海林 编

高等教育出版社

内容简介

本书是信号分析与处理系列课程理论教材的延伸,侧重培养学生综合利用信号处理的理论和技术解决实际问题的能力。教材按照“信号分析与处理、系统分析与设计、信号处理综合应用、信号处理软硬件实现”四个层面展开,共有 25 个实验课题,每个实验包含实验目的、实验原理、实验内容及实验思考题。实验内容涉及“信号与系统”、“数字信号处理”以及“DSP 技术及应用”等课程的理论和技术,体现了软件仿真和硬件实现并重。软件实验基于 MATLAB 仿真环境,侧重提高学生分析信号和设计系统的能力;硬件实验基于 TI 公司 TMS320C54x 开发环境,侧重培养学生开发应用 DSP 系统的能力。

本教材是“教育部电子信息科学与电气信息基础课程教学指导分委员会”立项实验教材,同时也被列入“高等教育百门精品课程教材建设计划”。教材中的前三篇可作为电子信息与电气信息类专业本科生“信号与系统”、“数字信号处理”等理论课程的实验内容,第四篇可作为“DSP 技术及应用”等实验课程的教学内容。本教材也可作为研究生学习信号处理相关课程的辅助教材。

图书在版编目(CIP)数据

信号分析与处理实验/陈后金主编;郝晓莉,钱满义,
高海林编. —北京:高等教育出版社,2006. 8

ISBN 7-04-018923-2

I. 信... II. ①陈... ②郝... ③钱... ④高...

III. ①信号分析-高等学校-教材②信号处理-高等学校-教材 IV. TN911

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 079301 号

策划编辑 刘激扬 责任编辑 曲文利 封面设计 李卫青 责任绘图 黄建英
版式设计 陆瑞红 责任校对 胡晓琪 责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京宏伟双华印刷有限公司

开 本 787×960 1/16
印 张 12.75
字 数 220 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landtraco.com>
<http://www.landtraco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2006 年 8 月第 1 版
印 次 2006 年 8 月第 1 次印刷
定 价 16.40 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18923-00

总 序

如何通过实践环节来培养工科大学生的创新意识以及如何更好地开展实验教学等问题已成为当前高等院校工科专业教学改革的热点与难点问题。“教育部关于启动高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作的通知”(教高[2003]1号文件)中明确指出:“理论教学与实践教学并重。要高度重视实验、实习等实践性教学环节,通过实践培养和提高学生的创新能力。要大力改革实验教学的形式和内容,鼓励开设综合性、创新性实验和研究型课程。”但是,目前实验教材的现状却不乐观,正式出版的实验教材品种很少;多数院校的实验教材都是校内讲义,验证性实验内容偏多,综合性、设计性实验内容很少,不利于学生能力培养;优秀实验教材不多,与理论教材相比尤其明显。这样,众多学校很难选到合适的优秀实验教材。

鉴于上述情况,“教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导分委员会”与高等教育出版社共同策划组织了示范性电工电子实验系列课程教材的建设项目,该项目以国家电工电子教学基地院校为基础,发挥这些院校在理论教学和实践教学方面的示范作用,组织编写电工电子实验系列教材。

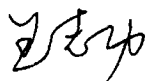
2003年12月在云南大学召开了“电工电子实验系列课程教学与教材建设研讨会”,成立了“电工电子实验系列教材编审委员会”(见附件)。30余所院校的参会代表围绕电工电子实践教学所涉及的知识点进行了充分研讨,确定了电工电子实践教学基本要求,为实验教材的编写提供参考依据。通过研讨达成了以下共识:(1)实验教学是非常重要的教学环节,是学生学习科技知识的重要手段。学生应能通过实验获取科学知识、验证相关理论,培养创新能力。(2)从培养学生能力的角度,实验一定要单独设课,而且要有不同于理论课程的实验课程体系。要改变依附于某一理论课程的原有模式。(3)实验能力培养包含实验设计、测试与仪器使用、仿真、简单故障排除、数据分析、实验报告与总结、查阅器件手册等方面的能力。(4)实验教学应按基础性、设计性、综合性等不同层次、循序渐进地提出要求。

2004年4月14日—15日在华中科技大学召开了由全体编审委员会成员参加的教材评审会。本着保证水平、突出特色、宁缺毋滥的原则,编审委员会成员对东南大学、华中科技大学、西安交通大学、哈尔滨工业大学、西安电子科技大学、上海交通大学、浙江大学等15所院校申报的38种实验教学改革成果教材进行了评审。评出首

批入选的教材有:东南大学、西安交通大学的两套实验系列教材,上海交通大学、哈尔滨工业大学和浙江大学的3种电路课程实验教材,华中科技大学、浙江大学和南京航空航天大学3种电子技术课程实验教材,北京交通大学的信号处理课程实验教材,西安电子科技大学的电磁场课程实验教材,上海交通大学、西安交通大学、厦门大学和中国计量学院的4种非电类电工学课程实验教材。

希望这些优秀实验系列教材的出版能推动各高校的实验教学改革,真正达到培养学生创新能力的目的。

教育部电子信息科学与电气信息类基础课程
教学指导分委员会主任



2004年6月

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

“电工电子实验系列教材” 编审委员会成员名单

专 家 组	蔡惟铮	哈尔滨工业大学
	唐 介	大连理工大学
主任委员	孙肖子	西安电子科技大学
	谢自美	华中科技大学
副主任委员	朱承高	上海交通大学
	王志功	东南大学
委 员	孙雨耕	天津大学
	马西奎	西安交通大学
	胡仁杰	东南大学
	陈洪亮	上海交通大学
	陈后金	北京交通大学
	王小海	浙江大学
	王永军	东北大学
	杨 浩	重庆大学
	殷瑞祥	华南理工大学
	段哲民	西北工业大学
	王成华	南京航空航天大学
	罗 杰	华中科技大学
	朱 红	电子科技大学
	林育兹	厦门大学

秘 书 韩 颖 高等教育出版社

前 言

近年来,信号处理的理论和技术不断发展,社会迫切需要掌握 DSP 理论和开发技术的人才。长期以来,学生感觉信号处理课程内容难学难用,主要原因是信号处理课程具有较强的理论性和实践性,学生没有将理论与实践相结合,造成了对 DSP 原理和方法理解不深刻,对 DSP 技术应用不灵活。编者根据多年从事信号处理课程的教学和科研经历,明确了信号处理实验的教学目标,优化了实验体系与内容,编写了此实验教材。该教材是“教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导分委员会”立项实验教材,同时也是“高等教育百门精品课程教材建设计划”精品立项教材。

该实验教材是信号分析与处理系列课程理论教材的延伸,体现了基本原理和工程应用的有机结合,软件仿真与硬件实现的有机结合。围绕“信号分析与处理、系统分析与设计、信号处理综合应用、信号处理软硬件实现”四个层面设计有 25 个实验课题,实验内容涉及原理、方法和应用,实验手段既有软件仿真又有硬件实现。软件实验基于 MATLAB 仿真环境,侧重信号处理、系统设计以及综合应用,以培养学生利用 DSP 理论分析和解决实际问题的能力。硬件实验基于 TI 公司 TMS320C54x 开发环境,侧重利用 DSP 系统资源(CPU、ADC 和 DAC、DMA 等)实现信号实时分析与处理,以提高学生 DSP 系统的开发应用能力。每个实验包含实验目的、实验原理、实验内容、实验思考题。实验目的明确了该实验的教学目标;实验原理简述了该实验涉及的基本原理及关键步骤;实验内容围绕实验目标循序渐进展开;实验思考题启发思考和拓展内容。此外,简要介绍了软件实验所需的仿真软件 MATLAB,以及硬件实验所需的 DSP 开发平台。

这些实验内容可根据教学需要分为必修实验和选修实验,已在北京交通大学本科生和研究生中试用两年,实践表明,通过实验激发了学生学习 DSP 的兴趣,提高了学生应用 DSP 理论和技术的水平,促进了学生在知识、能力和素质上的协调发展,增强了学生的就业竞争能力。

本书由陈后金主编,郝晓莉、钱满义和高海林编写,薛健和胡健提供了部分素材。全书由吴湘琪教授审阅,吴教授提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。该教材的出版得到了高等教育出版社高等理工出版中心、北京交通大学教

务处和电子学院的大力支持,在此表示诚挚的感谢。

限于水平,书中错误和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2006 年元月

目 录

目录

第一篇 信号分析与处理

实验一 基本信号的产生	3
实验二 时域抽样与频域抽样	13
实验三 窗函数的特性分析	20
实验四 利用 DFT 分析离散信号频谱	23
实验五 利用 DFT 分析模拟信号频谱	30
实验六 随机信号功率谱分析	36

第二篇 系统分析与设计

实验一 连续系统分析	45
实验二 离散系统分析	53
实验三 IIR 数字滤波器设计及应用	60
实验四 FIR 数字滤波器设计及应用	67
实验五 FIR 数字滤波器的优化设计	74

第三篇 信号处理综合应用

实验一 信号的幅度调制和解调	83
实验二 希尔伯特变换与单边带幅度调制	90
实验三 电话拨号音合成与识别	94
实验四 回声估计和回声消除	98

实验五	信号多速率变换及其应用	100
实验六	信号的时频分析与小波分析	105
实验七	信号滤波	110

第四篇 信号处理软硬件实现

实验一	序列的卷积与相关运算	115
实验二	DSP 系统定时器及其应用	119
实验三	信号发生器的实现	124
实验四	语音信号的压缩与回放	128
实验五	利用 DSP 实现信号实时滤波	133
实验六	利用 DSP 实现信号频谱动态分析	140
实验七	利用 DSP 实现信号调制与解调	144
附录一	DSP 硬件实验系统简介	148
附录二	仿真软件 MATLAB 简介	182
参考书目		191



第一篇

信号分析与处理

- 实验一 基本信号的产生
- 实验二 时域抽样与频域抽样
- 实验三 窗函数的特性分析
- 实验四 利用 DFT 分析离散信号频谱
- 实验五 利用 DFT 分析模拟信号频谱
- 实验六 随机信号功率谱分析

基本信号的产生

一、实验目的

学习使用 MATLAB 产生基本信号、绘制信号波形、实现信号的基本运算,为信号分析和系统设计奠定基础。

二、实验原理

MATLAB 提供了许多函数用于产生常用的基本信号:如阶跃信号、脉冲信号、指数信号、正弦信号和周期方波等。这些基本信号是信号处理的基础。

1. 连续信号的产生

(1) 阶跃信号

产生阶跃信号 $u(t)$ 的 MATLAB 程序如下,运行结果如图 1.1.1 所示。

```
t = -2:0.02:6;
```

```
x = (t >= 0);
```

```
plot(t,x); axis([-2,6,0,1.2]);
```

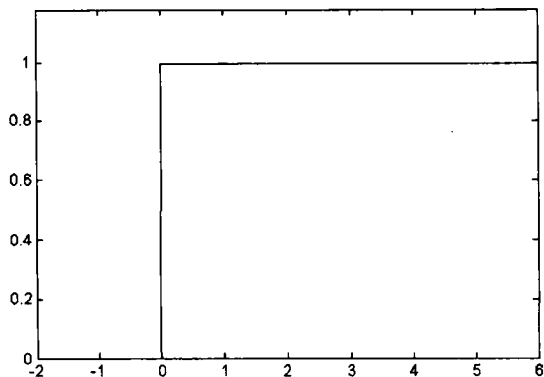


图 1.1.1 阶跃信号

(2) 指数信号

产生随时间衰减的指数信号 $x(t) = 2e^{-t}$ 的 MATLAB 程序如下, 运行结果如图 1.1.2 所示。

```
t = 0:0.001:5;  
x = 2 * exp( -1 * t );  
plot(t,x);
```

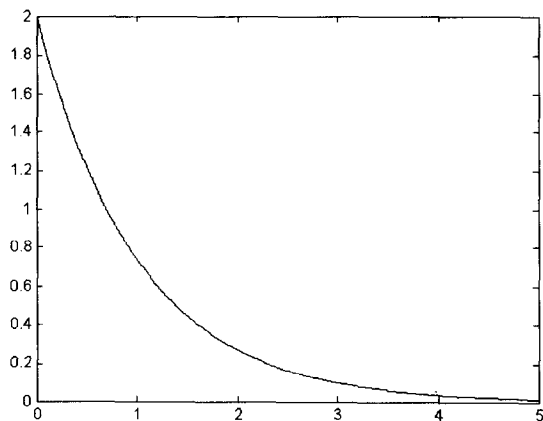


图 1.1.2 实指数信号

(3) 正弦信号

利用 MATLAB 提供的函数 `cos` 和 `sin` 可产生正弦和余弦信号。产生一个幅度为 2, 频率为 4 Hz, 相位为 $\frac{\pi}{6}$ 的正弦信号的 MATLAB 程序如下, 运行结果如图 1.1.3 所示。

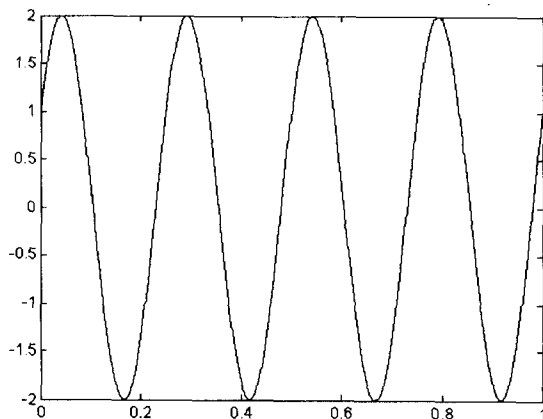


图 1.1.3 正弦信号

```
f0 = 4;  
w0 = 2 * pi * f0;  
t = 0:0.001:1;  
x = 2 * sin(w0 * t + pi/6);  
plot(t,x);
```

(4) 矩形脉冲信号

函数 `rectpulse(t)` 可产生高度为 1、宽度为 1、关于 $t = 0$ 对称的矩形脉冲信号。

函数 `rectpulse(t,w)` 可产生高度为 1、宽度为 w 、关于 $t = 0$ 对称的矩形脉冲信号。

产生高度为 1、宽度为 4、延时 2 s 的矩形脉冲信号的 MATLAB 程序如下,运行结果如图 1.1.4 所示。

```
t = -2:0.02:6;  
x = rectpuls(t-2,4);  
plot(t,x);
```

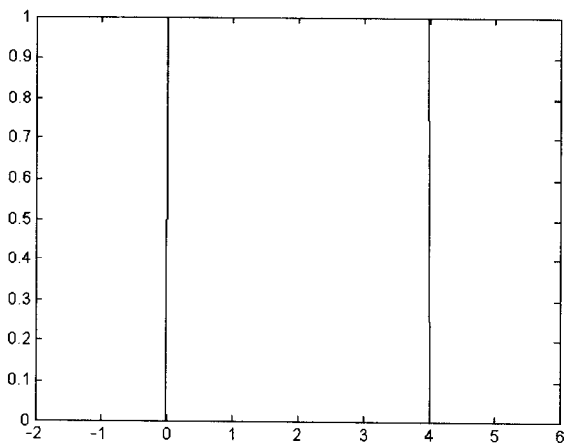


图 1.1.4 矩形脉冲信号

(5) 周期方波

函数 `square(w0 * t)` 产生基本频率为 w_0 (周期 $T = 2\pi/w_0$) 的周期方波。

函数 `square(w0 * t, DUTY)` 产生基本频率为 w_0 (周期 $T = 2\pi/w_0$)、占空比 $DUTY = \tau/T * 100$ 的周期方波。 τ 为一个周期中信号为正的时间长度。 $\tau = T/2$, $DUTY = 50$, `square(w0 * t, 50)` 等同于 `square(w0 * t)`。

产生一个幅度为 1, 基频为 2 Hz, 占空比为 50% 的周期方波的 MATLAB 程序如下,运行结果如图 1.1.5 所示。

```

f0 = 2;
t = 0:0.0001:2.5;
w0 = 2 * pi * f0;
y = square(w0 * t, 50); % duty cycle = 50%
plot(t, y); axis([0, 2.5, -1.5, 1.5]);

```

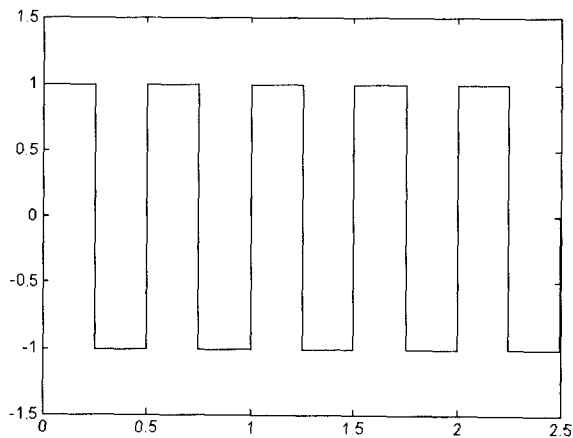


图 1.1.5 周期方波信号

(6) 抽样函数

使用 MATLAB 提供的函数 $\text{sinc}(x)$ 可计算抽样信号 $x(t) = \frac{\sin t}{t}$, 函数 $\text{sinc}(x)$ 的定义为 $\text{sinc}(x) = \frac{\sin(\pi x)}{\pi x}$ 。产生 $x(t) = \frac{\sin t}{t}$ 信号的 MATLAB 程序如下, 运行结果如图 1.1.6 所示。

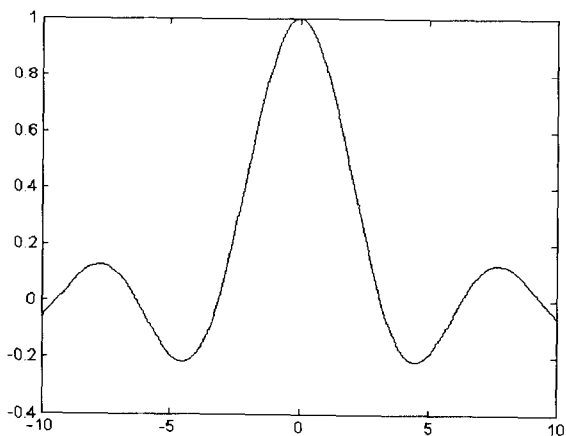


图 1.1.6 抽样函数信号