



“十二五”高等学校专业教材建设工程

电子与通信工程专业 基础实验教程

DIANZI YU TONGXIN GONGCHENG ZHUANYE JICHU SHIYAN JIAOCHENG

王冬霞 主编



东北大学出版社
Northeastern University Press



“十二五”高等学校专业教材建设工程

电子与通信工程专业基础实验教程

主编 王冬霞

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

© 王冬霞 2012

图书在版编目 (CIP) 数据

电子与通信工程专业基础实验教程/王冬霞主编. —沈阳: 东北大学出版社, 2012. 12

ISBN 978 - 7 - 5517 - 0276 - 8

I. ①电… II. ①王… III. ①电子技术—实验—高等学校—教材 ②通信工程—实验—高等学校—教材 IV. ①TN - 33 ②TN91 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 309716 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress. com http: //www. neupress. com

印 刷 者: 沈阳中科印刷有限责任公司

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 15.25

字 数: 390 千字

出版时间: 2012 年 12 月第 1 版

印刷时间: 2012 年 12 月第 1 次印刷

策划编辑: 王兆元

责任编辑: 潘佳宁

责任校对: 叶 子

封面设计: 刘江扬

责任出版: 唐敏志

ISBN 978 - 7 - 5517 - 0276 - 8

定 价: 20.00 元

《电子与通信工程专业基础实验教程》

编 委 会

主 编 王冬霞

编 委 褚丽莉 张 敏 赵 光

王 琼 于 玲 牛芳琳

杨恭威 李 波 高 影

前 言

本书由辽宁工业大学出版基金资助。

伴随着通信与电子信息技术日新月异的发展，通信与电子信息类专业涉及范围越来越广、实践性越来越强。作为辅助教学，一本优秀的实验教材不仅使学生能在实验过程中受到良好的指导，而且也是发挥教育改革成果辐射作用的最好形式。为了适应这种新形势，根据多年的教学实践经验，我们编写了《电子与通信工程专业基础实验教程》，以满足广大读者的需要。

实验是验证、巩固和补充课堂讲授的理论知识的必要环节，强调理论与实践、原理与应用相结合。通过实验，加强学生对理论知识的理解，培养学生运用所学的理论知识解决实际问题的能力。为此，本书在编写过程中遵循下列原则：

- (1) 体现教学内容、结构和方法上的特色，融汇教师教学经验的探索和成果；
- (2) 体现知识点内在联系，正确处理教材内容与课程模块的关系；
- (3) 体现创新型人才培养的理念，适应创新学习能力培养；
- (4) 体现先进性，正确处理基础理论与现代技术发展的关系。

为达到预期的实验教学效果，要求学生在实验前做好实验预习报告，包括回答预习要求中的思考题、是非题或设计题，以便教师检查同学预习的情况。实验结束后，应做出完整的实验报告，除预习报告外，还应有实验电路、实验数据及其处理、曲线或波形，一般还要求回答实验中提出的一些思考问题，以加深对实验知识的理解。

本书适用于电子信息工程、通信工程等相关专业的实验教学，内容涵盖了“信号与系统”“微机原理”“数字信号处理”“通信原理”“单片机接口技术”“高频电子线路”“嵌入式系统基础”“EDA技术”“光纤通信”“程控交换技术”“MATLAB编程基础”等课程的配套实验内容。此外，作为本书的一个特色，在保证基本实验的基础上，还增加了提高篇，即在每章最后编有若干个综合性设计性实验。为了方便组织教学，本书将提高部分或综合设计部分，在标题前标注了“*”，以供读者参考。

本书第1章由褚丽莉编写，第2章由高影编写，第3，12章由王冬霞编写，第4章由赵光编写，第5章由张敏编写，第6章由牛芳琳编写，第7，9章由于玲编写，第8章由李波编写，第10章由王琼编写，第11章由杨恭威编写。全书由王冬霞统稿和校对。

在本书的编写过程中，得到了辽宁工业大学电子与信息工程学院周军教授、谢文阁教授等相关老师的关心和指导，研究生周城旭、秦亚光、郭庆龙、程宗明、刘孟美、齐畅、宋晓东和高鹏参与了书稿整理和部分程序的编写调试工作，在此一并表示感谢！

为保证本书内容的实用性、学术性和准确性，编者做了很大的努力。但是，由于时间仓促及水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2012年9月

目 录

第 1 章 信号与系统	1
1.1 导 言	1
1.2 时域卷积积分	1
1.3 连续系统时域分析	4
1.4 离散系统时域分析	5
1.5 二阶低通滤波器的响应	8
1.6 拉普拉斯变换及其曲面图.....	10
本章参考文献	12
第 2 章 微机原理及应用	13
2.1 导 言.....	13
2.2 认识实验.....	13
2.3 开关量输出接口实验.....	16
2.4 并行接口输入输出实验.....	20
*2.5 定时器/计数器 8253 软硬件设计实验.....	25
本章参考文献	30
第 3 章 数字信号处理	31
3.1 导 言.....	31
3.2 离散时间信号与系统的时域分析.....	31
3.3 离散时间信号与系统的频域分析.....	37
3.4 IIR 数字滤波器设计	39
3.5 FIR 数字滤波器设计	43
*3.6 语音信号分析与处理.....	46
本章参考文献	47

第 4 章 通信原理	49
4.1 导 言	49
4.2 HDB ₃ 实验	49
4.3 PSK 实验	53
4.4 FSK 实验	56
4.5 PAM 实验	58
4.6 PCM 实验	61
4.7 ΔM 实验	63
*4.8 ADPCM 实验	65
本章参考文献	67
第 5 章 单片机接口技术	68
5.1 P3 口输出控制继电器实验	68
5.2 P1 口输入、输出实验	70
5.3 定时器中断实验(综合)	72
5.4 外部中断实验(综合)	75
*5.5 I/O 实验(交通灯控制)	77
5.6 8255 输入、输出实验	81
*5.7 温度测量与显示实验	82
本章参考文献	85
第 6 章 高频电子线路	86
6.1 导 言	86
6.2 单调谐回路谐振放大器及通频带展宽	86
6.3 双调谐回路谐振放大器	91
6.4 丙类功率放大器	94
6.5 电容反馈三点式振荡器	97
6.6 幅度调制器	99
6.7 调幅波信号的解调	102
6.8 简单调幅发射机电路设计	104
*6.9 简单的接收机电路设计与仿真	105
本章参考文献	106

第 7 章 嵌入式技术基础	107
7.1 导 言	107
7.2 ADS 实验环境的搭建与配置	107
7.3 ARM 汇编和 C 的混合编程	117
7.4 ARM 的串口实验	124
7.5 ARM 的 A/D 接口实验	136
本章参考文献	142
第 8 章 DSP 技术	143
8.1 导 言	143
8.2 DSP 概述和 CCS 简介	143
8.3 CCS 软件仿真实验	149
8.4 DSP 基础操作实验	153
*8.5 DSP 应用设计实验	156
本章参考文献	159
第 9 章 EDA 应用	160
9.1 导 言	160
9.2 电路原理图的编辑	160
9.3 电路原理图元件编辑	164
9.4 层次电路图编辑	166
9.5 印刷电路板编辑	169
9.6 组合逻辑电路设计	171
9.7 序列检测器设计	174
本章参考文献	177
第 10 章 光纤通信	178
10.1 导 言	178
10.2 光纤结构和分类	178
10.3 光耦合器件	181
10.4 光衰减器	185
10.5 光发射机指标测试	186

10.6	光接收机主要技术指标测量	190
10.7	数字(PN序列)光纤传输系统	194
10.8	CMI编译码原理及CMI码光纤传输系统	195
10.9	波分复用光纤传输系统(WDM)	198
*10.10	光纤数字信号pn序列程序设计	200
	本章参考文献	201
	附录10.1 FPGA管脚分布图	203
	附录10.2 误码仪使用方法	205
第11章	程控交换技术	207
11.1	程控交换系统组成与结构实验	207
11.2	交换系统电源模块	209
11.3	用户接口模块(主被叫)实验	211
11.4	信令信号的产生与观测实验	215
11.5	双音多频(DTMF)接收与检测实验	217
11.6	话路PCM CODEC的编译码实验	220
11.7	局内数字交换实验	221
*11.8	系统联调综合实验	224
	本章参考文献	228
第12章	MATLAB程序设计基础	229
12.1	导言	229
12.2	MATLAB的基本操作	229
12.3	MATLAB绘图和M文件	232
12.4	MATLAB工具箱及Simulink仿真	233
	本章参考文献	234

第1章 信号与系统

1.1 导 言

信号与系统课程是通信与电子信息专业的一门重要专业基础课。该课程理论性强、概念多、公式多,包含两大类内容,一是连续时间信号与系统,二是离散时间信号与系统。该课程是将学生从电路分析的知识领域引入信号处理与传输领域的关键性课程,对后续专业课起着承上启下的作用。该课程的基本方法和基本理论大量应用于计算机信息处理的各个领域,特别是通信、数字语音处理、数字图像处理、数字信号分析等领域,应用更为广泛。

本章信号与系统实验适用于基于计算机的实验课程,实现在实验环境中,以计算机为辅助教学手段,用信号分析的软件帮助学生完成数值计算、信号与系统分析的可视化建模及仿真调试,培养学生独立解决问题的能力。

本章涉及的实验程序采用 MATLAB 编程语言来完成,建议每个实验教学安排 2~3 个学时,以确保学生有充裕的时间用于计算机实验,从而更好地掌握信号与系统的理论知识。

1.2 时域卷积积分

1.2.1 实验目的

- (1) 学习用 MATLAB 语言编写程序;
- (2) 了解时域卷积积分原理及应用;
- (3) 观察仿真波形;
- (4) 熟悉实验系统软件的使用方法。

1.2.2 实验原理及方法

- (1) 时域卷积的定义

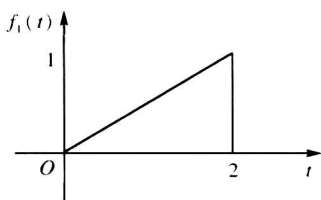
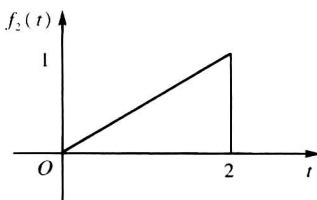
$$f(t) = f_1(t) * f_2(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_1(\tau) f_2(t - \tau) d\tau \quad (1.1)$$

- (2) 已知两连续时间信号如图 1.1 和图 1.2 所示,试用 MATLAB 求

$$f(t) = f_1(t) * f_2(t)$$

并绘出 $f(t)$ 的时域波形图。

$$f(t) = f_1(t) * f_2(t) = \frac{1}{2}t[\varepsilon(t) - \varepsilon(t-2)] * \frac{1}{2}t[\varepsilon(t) - \varepsilon(t-2)]$$

图 1.1 $f_1(t)$ 的图形图 1.2 $f_2(t)$ 的图形

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{4}t\varepsilon(t) * t\varepsilon(t) - \frac{1}{2}t\varepsilon(t) * t\varepsilon(t-2) + \frac{1}{4}t\varepsilon(t-2) * t\varepsilon(t-2) \\
 &= \frac{t^3}{24}\varepsilon(t) - \frac{1}{12}(t^3 - 12t + 16)\varepsilon(t-2) + \frac{1}{24}(t^3 - 24t + 32)\varepsilon(t-4)
 \end{aligned}$$

$$f(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \text{ 或 } t > 4 \\ \frac{t^3}{24}, & 0 < t < 2 \\ \frac{1}{24}(-t^3 + 24t - 32), & 2 < t < 4 \end{cases} \quad (1.2)$$

显然,根据冲激信号的定义,该系统的冲激响应为

$$h(t) = \lim_{\Delta \rightarrow 0} h_{\Delta}(t) \quad (1.3)$$

现考虑连续信号 $f(t)$, 可对该信号进行时域分解, 即将 $f(t)$ 近似表示成一系列信号 $p_{\Delta}(t)$ 的时间平移信号的线性组合, 即

$$f(t) \approx f_{\Delta r}(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} f(k\Delta\tau) \cdot p_{\Delta}(t - k\Delta\tau) \cdot \Delta\tau \quad (1.4)$$

将 $f_{\Delta r}(t)$ 作为激励信号接入上述 LTI 系统, 由线性系统的性质可得此时系统零状态响应

$$y_{zs}(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} f(k\Delta\tau) h_n(t - k\Delta\tau) \Delta\tau \quad (1.5)$$

1.2.3 实验所需函数

实现上述的 MATLAB 函数如下。

线性系统的时域分析——卷积;

% : 计算连续信号卷积积分;

% f: 卷积积分对应的非零样值向量;

% k: $f(t)$ 的对应时间向量;

% f1: $f_1(t)$ 非零样值向量;

% f2: $f_2(t)$ 的非零样值向量;

% k1: 序列 $f_1(t)$ 的对应时间向量;

% k2: 序列 $f_2(t)$ 的对应时间向量;

% p: 取样时间间隔;

subplot(): 图形窗口分割;

plot(x,y): 以折线方式绘制二维图形;

title(): 设置图形标题;
xlabel(): 设置横坐标标题;
ylabel(): 设置纵坐标标题;
get(): 获取对象属性;
set(): 设置对象属性。

1.2.4 实验内容与步骤

(1) 用 MATLAB 实现连续时间信号的卷积分析

我们知道, 积分运算实际上可用信号的分段求和来实现, 因此用 MATLAB 实现连续时间信号卷积的过程如下。

① 将连续时间信号 $f_1(t)$ 与 $f_2(t)$ 以时间间隔 Δ 进行取样, 到离散序列 $f_1(k\Delta\tau)$ 和 $f_2(k\Delta\tau)$ 。

② 构造 $f_1(k\Delta\tau)$ 和 $f_2(k\Delta\tau)$ 相对应的时间向量 k_1 和 k_2 (注意: 此时时间序号向量 k_1 和 k_2 的元素不再是整数, 而是取样时间间隔 Δ 的整数倍的时间间隔点)。

③ 调用 conv() 函数计算卷积积分 $f(t)$ 的近似向量 $f(n\Delta\tau)$ 。

④ 构造 $f(n\Delta\tau)$ 对应的时间向量 k 。

(2) 实验步骤

① 启动计算机, 运行 MATLAB 编程软件;

② 新建 M 文件。

③ 输入编制好的源文件;

④ 编译 M 文件, 检查是否有错误, 有则更正;

⑤ 进行功能仿真, 验证波形是否与计算所得一致;

⑥ 按要求填写实验报告。

1.2.5 实验预习

(1) 认真阅读实验原理, 明确本次实验目的;

(2) 编制 MATLAB 源程序;

(3) 熟悉时域卷积积分原理。

1.2.6 实验报告

(1) 列写实验内容和已调试通过的实验程序, 打印实验程序产生的曲线图形。

(2) 思考题。

① 什么情况下仿真效果较好?

② 说明相关程序的实现功能。

1.2.7 实验要求

(1) 复习时域卷积积分定义;

(2) 会用 MATLAB 语言, 独立编写程序, 调试程序;

(3) 分别设定取样时间间隔 $p=0.01$ 和 $p=0.5$, 观察、记录仿真波形;

(4) 分析整理实验数据, 写出实验报告。

1.3 连续系统时域分析

1.3.1 实验目的

- (1) 学习用 MATLAB 语言编写程序;
- (2) 了解连续系统时域分析方法及应用;
- (3) 观察仿真波形;
- (4) 熟悉实验系统软件的使用方法。

1.3.2 实验原理

- (1) 零状态响应的计算方法

$$\begin{aligned} Y_{zs}(t) &= T[0, f(t)] \\ y_{zs}(0_-) &= y_{zs}'(0_-) = 0 \end{aligned} \quad (1.6)$$

- (2) 描述某连续系统的微分方程为

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

若要求当输入信号为 $f(t) = e^{-2t} \varepsilon(t)$ 时该系统的零状态响应为 $y(t)$ 。

$$\lambda^2 + 2\lambda + 1 = 0, \lambda_1 = \lambda_2 = -1$$

设

$$y_{zsl}(t) = T[0, e^{-2t}] \quad (1.7)$$

则有

$$\begin{aligned} y_{zsl}(t)'' + 2y_{zsl}(t)' + y_{zsl}(t) &= e^{-2t} \\ y_p(t) &= pe^{-2t}, p = 1 \\ y_{zsl}(t) &= (c_1 t + c_0) e^{-t} + e^{-2t} \end{aligned}$$

由微分方程可知

$$\left. \begin{aligned} y_{zsl}(0_+) &= y_{zsl}(0_-) = 0 \\ y_{zsl}'(0_+) &= y_{zsl}'(0_-) = 0 \end{aligned} \right\} \quad (1.8)$$

所以有

$$c_1 = 1, c_0 = -1; y_{zsl}(t) = [te^{-t} - e^{-t} + e^{-2t}] \varepsilon(t)$$

所以系统的零状态响应为

$$y_{zs}(t) = y_{zsl}'(t) + 2y_{zsl}(t) = te^{-t} \varepsilon(t) \quad (1.9)$$

1.3.3 实验所需函数

用到的 MATLAB 函数:

lsim(b, a, x, t): 连续系统响应仿真。

1.3.4 实验内容与步骤

- (1) 设计分析。

我们知道 lsim() 能对微分方程描述的 LTI 连续系统的响应进行仿真。lsim() 函数有如下两种调用格式。

- ① lsim(b, a, x, t)。

在该调用格式中, a 和 b 是由描述系统的微分方程系数决定的表示该系统的两个行向量。 x 和 t 则是输入信号的行向量, 其中 t 为表示输入信号时间范围的向量, x 则是输入信号在向量 t 定义的时间点上的取样值。例如命令:

```
t=0:0.01:10;  
x=sin(t);
```

就定义了 $0 \sim 10\text{s}$ 范围内正弦输入信号 $\sin(t)$ (取样时间间隔为 0.01s)。当取样时间间隔足够小时, 向量 x 和 t 所定义的离散信号就是连续信号 $\sin(t)$ 的较好的近似。该调用格式将绘出由向量 b 和 a 所定义的连续系统在输入为向量 x 和 t 所定义的信号时, 系统零状态响应的时域仿真波形, 且时间范围与输入信号相同。

② $y = \text{lsim}(b, a, x, t)$ 。

该调用格式并不绘出系统的零状态响应曲线, 而是求出与向量 t 定义的时间范围相一致的零状态响应的数值解。

(2) 实验步骤。

- ① 启动计算机, 运行 MATLAB 编程软件;
- ② 新建 M 文件;
- ③ 输入编制好的源文件;
- ④ 编译 M 文件, 检查是否有错误, 有则更正;
- ⑤ 进行功能仿真, 验证波形是否与计算所得一致;
- ⑥ 按要求填写实验报告。

1.3.5 实验预习

- (1) 认真阅读实验原理, 明确本次实验的目的;
- (2) 编制 MATLAB 源程序;
- (3) 熟悉连续系统分析方法, 会求系统的零状态响应。

1.3.6 实验报告

- (1) 列写实验内容和已调试通过的实验程序, 打印实验程序产生的曲线图形。
- (2) 思考题。

改变 $p = 0.5, 0.3, 0.01$ 。在程序里添加语句, 分别观察、记录仿真波形。说明在什么情况下仿真效果好。

1.3.7 实验要求

- (1) 复习连续系统时域分析方法;
- (2) 会用 MATLAB 语言独立编写程序, 调试程序;
- (3) 记录仿真波形;
- (4) 分析整理实验数据, 写出实验报告。

1.4 离散系统时域分析

1.4.1 实验目的

- (1) 学习用 MATLAB 语言编写程序；
- (2) 了解离散系统时域分析方法及应用；
- (3) 观察仿真波形；
- (4) 熟悉实验系统软件的使用方法。

1.4.2 实验原理

- (1) 离散系统零状态响应的计算方法

$$\begin{aligned} y_{zs}(k) &= T[0, f(k)] \\ y_{zs}(-1) &= y_{zs}(-2) = 0 \end{aligned} \quad (1.10)$$

- (2) 已知描述离散系统的差分方程为

$$y(k) - 0.25y(k-1) + 0.5y(k-2) = f(k) + f(k-1) \quad (1.11)$$

且已知该系统输入序列为 $f(k) = \left(\frac{1}{2}\right)^k \varepsilon(k)$ ，试用 MATLAB 实现下列分析过程：

画出输入序列的时域波形；

求出系统零状态响应在 $0 \sim 20$ 区间的样值；

画出系统零状态响应波形图。

$$\begin{aligned} \lambda_{1,2} &= \frac{1 \pm j\sqrt{31}}{8} = 0.71e^{\pm j\frac{4}{9}\pi} \\ y_c(k) &= A(0.71)^k \cos\left(\frac{4}{9}k\pi - \theta\right) \end{aligned} \quad (1.12)$$

设

$$y_{zsl}(k) = T\left[0, \left(\frac{1}{2}\right)^k\right]$$

则

$$y_{zsl}(k) - 0.25y_{zsl}(k-1) + 0.5y_{zsl}(k-2) = \left(\frac{1}{2}\right)^k$$

可得

$$y_{zsl}(k) = A(0.71)^k \cos\left[\frac{4}{9}k\pi - \theta\right] + y_p(k) \quad (1.13)$$

设 $y_p(k) = (0.5)^k$ ，将 $y_p(k)$ ， $y_p(k-1)$ ， $y_p(k-2)$ 代入差分方程，求出 $y_p(k)$ 。

利用 $y_{zsl}(0) = 1$ ， $y_{zsl}(1) = 0.75$ ，求出 A ， θ 。

所以

$$y_{zs}(k) = y_{zsl}(k) + y_{zsl}(k-1) = \left[1.2(0.5)^k + 1.7(0.71)^k \cos\left(\frac{4}{9}k\pi - 96.8^\circ\right)\right] \varepsilon(k) \quad (1.14)$$

1.4.3 实验所需函数

我们可以调用 filter() 函数来解决此问题。实现这一过程的 MATLAB 函数如下：

`filter()`: 求离散系统响应;
`subplot()`: 图形窗口分割;
`title()`: 设置图形标题;
`Stem(x,y)`: 以 x 为横坐标, y 为纵坐标绘制曲线。

1.4.4 实验内容与步骤

(1) 实验分析。

MATLAB 为用户提供了求 LTI 离散系统响应的专用函数 `filter()`。该函数能求出由差分方程描述的离散系统在指定时间范围内的输入序列时所产生的响应序列的数值解。

`filter()` 函数的调用格式如下:

`filter(b, a, x)`

其中 b 和 a 是由描述系统的差分方程的系数决定的表示离散系统的两个行向量, x 是包含输入序列非零样值点的行向量。则上述命令将求出系统在与 x 的取样时间点相同的输出序列样值, 即输出向量 y 包含了与输入向量 x 所在样本同一区间上的样本。

(2) 实验步骤。

- ① 启动计算机, 运行 MATLAB 编程软件;
- ② 新建 M 文件;
- ③ 输入编制好的源文件;
- ④ 编译 M 文件, 检查是否有错误, 有则更正;
- ⑤ 进行功能仿真, 验证波形是否与计算所得一致;
- ⑥ 按要求填写实验报告。

1.4.5 实验预习

- (1) 认真阅读实验原理, 明确本次实验目的;
- (2) 编制 MATLAB 源程序;
- (3) 熟悉离散系统时域分析方法, 掌握求系统的零状态响应的方法。

1.4.6 实验报告

- (1) 列写实验内容和已调试通过的实验程序, 打印实验程序产生的曲线图形。
- (2) 思考题。
 - ① 对每一条程序说明其实现的功能。
 - ② 改变输入序列为不同函数, 再观察系统零状态响应波形图。

1.4.7 实验要求

- (1) 复习离散系统时域分析方法;
- (2) 会用 MATLAB 语言, 独立编写程序, 调试程序;
- (3) 作出仿真图形;
- (4) 分析整理实验数据, 写出实验报告。