

21世纪高等学校规划教材 | 电子信息



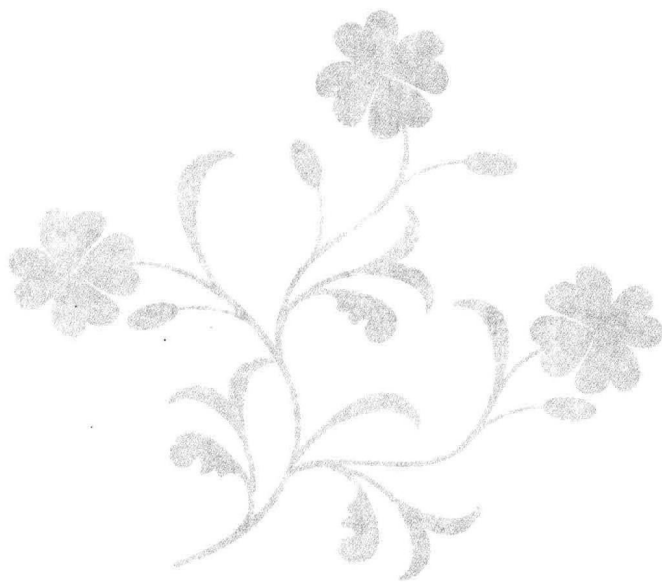
# 信号与系统的 MATLAB实现

袁文燕 王旭有 王瑞 吕英 张俊杰 万旺根 编著



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 电子信息



# 信号与系统的 MATLAB实现

袁文燕 王旭智 主编  
王瑞 吕英 张俊杰 万旺根 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书包含了信号与系统的硬件实验和 MATLAB 仿真实验。本书内容层次丰富,包含验证性实验、设计性实验及综合性实验,并按照循序渐进的原则进行安排,使读者可通过实验更牢固地掌握信号与系统的原理。本书附有电子课件,便于教师教学和学生自学,既可作为本科教学中信号与系统课程的实验教材,也可作为专升本、自学考试学生的自学教材。对于没有条件进行硬件实验的学校,采用书中介绍的 MATLAB 内容进行仿真实验教学也可达到很好的教学效果。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

## 图书在版编目(CIP)数据

信号与系统的 MATLAB 实现/袁文燕,王旭智主编. —北京:清华大学出版社,2011.11  
(21 世纪高等学校规划教材·电子信息)

ISBN 978-7-302-26438-5

I. ①信… II. ①袁… ②王… III. ①信号系统—计算机辅助计算—软件包, MATLAB  
高等学校—教材 IV. ①TN911.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 163705 号

责任编辑:闫红梅 战晓雷

责任校对:梁毅

责任印制:何莘

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954, [jsjic@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:jsjic@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:11.75 字 数:291 千字

版 次:2011 年 11 月第 1 版 印 次:2011 年 11 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:19.00 元

# 编审委员会成员

---

东南大学	王志功	教授
南京大学	王新龙	教授
南京航空航天大学	王成华	教授
解放军理工大学	邓元庆	教授
	刘景夏	副教授
上海大学	方勇	教授
上海交通大学	朱杰	教授
	何晨	教授
华中科技大学	严国萍	教授
	朱定华	教授
华中师范大学	吴彦文	教授
武汉理工大学	刘复华	教授
	李中年	教授
宁波大学	蒋刚毅	教授
天津大学	王成山	教授
	郭维廉	教授
中国科学技术大学	王煦法	教授
	郭从良	教授
	徐佩霞	教授
苏州大学	赵鹤鸣	教授
山东大学	刘志军	教授
山东科技大学	郑永果	教授
东北师范大学	朱守正	教授
沈阳工业学院	张秉权	教授
长春大学	张丽英	教授
吉林大学	林君	教授
湖南大学	何怡刚	教授
长沙理工大学	曾喆昭	教授
华南理工大学	冯久超	教授

西南交通大学	冯全源	教授
	金炜东	教授
重庆工学院	余成波	教授
重庆通信学院	曾凡鑫	教授
重庆大学	曾孝平	教授
重庆邮电学院	谢显中	教授
	张德民	教授
西安电子科技大学	彭启琮	教授
	樊昌信	教授
西北工业大学	何明一	教授
集美大学	迟岩	教授
云南大学	刘惟一	教授
东华大学	方建安	教授

# 出版说明

---

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”),通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。

(7) 21世纪高等学校规划教材·电子商务。

(8) 21世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail: [weijj@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:weijj@tup.tsinghua.edu.cn)

# 前言

信号与系统课程是电子信息类专业学生必须掌握的一门专业基础课程。信号与系统课程的教学目的是让学生掌握信号和线性系统的分析的基本理论、基本原理和方法,掌握线性非时变系统的各种描述方法,掌握线性时不变系统的时域和频域分析方法,掌握有关系统的稳定性、频响、因果性等工程应用中的一些重要结论。能够在后续课程的学习和工作中灵活应用这些方法来解决问题。实验对于课程核心的一些基本概念和理论的理解是很重要的,对于所有工程类专业的学生来说也是很重要的。通过对实验课程的学习,对树立学生严肃认真的科学作风和理论联系实际工程观点,培养学生的科学思维能力、分析计算能力、实验研究能力和科学归纳能力都有重要的作用。

本书在实验的安排上包含了硬件实验内容,也增加了 MATLAB 虚拟仿真实验部分。用软件仿真的方法替代硬件来实现数据读取、数据分析处理功能使实验变得更加灵活、简单而富有创造性。仿真实验功能易于扩展,同时也实现了实物实验很难实现的数据编辑、存储、打印图表等功能。但虚拟实验过程过于理想化,不利于学生发现问题、解决问题,因而不能完全取代传统硬件实验。因此在编写教材时,我们注意调整了仿真实验和硬件实验两者的比重,使实验更有效地辅助学生对知识的学习。

本书共分 3 篇。第 1 篇为实验准备知识,包含第 1 章~第 3 章,介绍了实验前应了解的知识、实验中常用参数的测量方法、数据处理及 MATLAB 虚拟仿真软件的使用方法。第 2 篇为硬件实验部分,包含第 4 章和第 5 章,主要涉及单、双 T 网络频率特性、线性时不变系统、信号的频谱特性、低通滤波器的频率特性、信号通过线性系统及离散信号频谱和抽样定理。第 3 篇为 MATLAB 虚拟仿真实验部分,包含第 6 章和第 7 章。第 6 章共有 6 个实验,系统地涵盖了基本信号的时域表示及分析、线性时不变系统的时域分析、连续时间信号的傅里叶变换、离散时间信号的傅里叶变换、连续时间系统的拉普拉斯变化及离散时间系统的  $z$  域分析。第 7 章针对比较重要的内容设计了 3 个实验,包含模拟滤波器的设计、音乐合成和语音合成。本书的附录,提供了实验中所用到仪器设备的使用方法,熟练掌握这些仪器的使用不但对后续课程的学习有帮助,对学生们今后的工作也很有帮助。我们对本书中的实验内容都进行了实际操作和验证,以证明这些实验具有可操作性、可重复性,并且与理论分析的结果一致。

本书由上海大学通信与信息工程学院的老师编写。袁文燕和王旭智编写了第 2 章、第 4 章~第 6 章和附录,吕英编写了第 1 章,张俊杰编写了第 3 章,王瑞编写了第 7 章,万旺根也参与了第 6 章的编写,全书由袁文燕统稿。硬件实验内容由袁文燕和吕英进行了验证,



MATLAB 虚拟仿真实验内容由袁文燕和王瑞进行了验证。本教材编写过程中得到了“上海市教委第四期教育高地建设项目”的支持,更得到了上海大学通信与信息工程学院领导的关心。上海大学电子电工实验教学中心的何平、陶慧君、丁晓青和顾敏老师对本书的编辑提供了很多帮助,上海大学通信与信息工程学院的学生田进进、徐震柳和郑玥也对本书的编写提供了很多帮助,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误和疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2011年1月

# 目 录

## 第 1 篇 实验准备知识

<b>第 1 章 实验课前指导知识</b> .....	3
1.1 实验的重要性 .....	3
1.2 实验程序 .....	4
1.2.1 实验准备.....	4
1.2.2 实验过程.....	4
1.2.3 实验结果的分析处理.....	6
<b>第 2 章 常用测量参数</b> .....	8
2.1 电信号的幅度 .....	8
2.1.1 被测信号的特点.....	8
2.1.2 测量仪器的技术性能.....	8
2.2 时间、频率和相位的测量 .....	10
2.2.1 时间、频率和相位的关系.....	10
2.2.2 时间的测量 .....	11
2.2.3 频率的测量 .....	12
2.2.4 相位的测量 .....	12
<b>第 3 章 MATLAB 基础知识</b> .....	14
3.1 MATLAB 简介 .....	14
3.2 MATLAB 矩阵及其运算 .....	19
3.2.1 变量 .....	19
3.2.2 矩阵与数组 .....	19
3.2.3 矩阵与数组的运算 .....	21
3.2.4 多项式运算 .....	24
3.3 MATLAB 程序设计 .....	25
3.3.1 程序结构 .....	25
3.3.2 M 文件及常用函数文件 .....	29
3.3.3 程序调试 .....	31
3.4 MATLAB 绘图与数据可视化 .....	31
3.4.1 二维绘图 .....	31

3.4.2 图形修饰与控制 .....	34
---------------------	----

## 第 2 篇 硬件实验部分

<b>第 4 章 基础性实验</b> .....	39
4.1 单、双 T 网络频率特性的研究 .....	39
4.2 线性时不变系统的分析与测量 .....	43
4.3 周期信号频谱特性的研究 .....	46
4.4 合成信号频谱特性的研究 .....	50
4.5 谐振电路特性的研究 .....	53
<b>第 5 章 提高性实验</b> .....	59
5.1 RC 低通滤波器的频率特性的研究 .....	59
5.2 信号通过线性系统 .....	63
5.3 离散信号频谱和抽样定理 .....	67

## 第 3 篇 MATLAB 虚拟仿真实验部分

<b>第 6 章 基础性仿真实验</b> .....	73
6.1 基本信号的时域表示及分析 .....	73
6.2 线性时不变系统的时域分析 .....	83
6.3 连续时间信号的傅里叶变换 .....	88
6.4 离散时间信号的傅里叶变换 .....	100
6.5 连续时间系统的拉普拉斯变换 .....	108
6.6 离散时间系统的 $z$ 域分析 .....	116
<b>第 7 章 综合性仿真实验</b> .....	121
7.1 模拟滤波器的设计 .....	121
7.2 音乐合成 .....	125
7.3 语音合成 .....	132
<b>附录 A 常用仪器介绍</b> .....	138
A.1 SG1731SC 双路直流稳压稳流电源 .....	138
A.1.1 简介 .....	138
A.1.2 使用方法 .....	139
A.2 M9803R 台式数字多用表 .....	141
A.2.1 面板说明 .....	141
A.2.2 基本操作 .....	144
A.2.3 测量操作说明 .....	146

A. 3	SG1020S 双路数字信号发生器	150
A. 3.1	概述	150
A. 3.2	基本入门操作	151
A. 3.3	信号发生的例子	156
A. 4	YB4325/45 系列示波器	160
A. 4.1	概述	160
A. 4.2	面板控制键作用说明	161
A. 5	AS2294B 交流毫伏表	166
A. 5.1	技术特性	166
A. 5.2	电路结构	167
A. 5.3	面板及操作说明	167
A. 5.4	使用方法	168
A. 5.5	维修保养	168
A. 6	CS5023A 型选频电平表	168
A. 6.1	概述	168
A. 6.2	主要技术参数	169
A. 6.3	使用说明	170
	<b>参考文献</b>	<b>173</b>

# 第 1 篇

## 实验准备知识

本篇主要介绍实验课前指导知识、常用参数的测量以及MATLAB的基础知识。



# 第 1 章

## 实验课前指导知识

### 1.1 实验的重要性

实验是人们获得知识和进行科学研究的一种重要手段。一个科学的设想得以实现往往需要进行大量的实验,不断总结失败的经验教训然后取得成功,一门创新的理论需要用实验加以检验。当然,也有不少发明创造起源于实验中的偶然发现。

电工和无线电技术的发展历史也离不开实验。早在公元前 600 年,人们已发现用毛皮摩擦琥珀后,琥珀能吸引其他轻微的物体。直至 1747 年富兰克林将这一现象归结为电,他曾在雷雨天放出风筝,使拴在风筝线上的金属片发出了电火花,并将它与摩擦所产生的电比较,证实了闪电与摩擦所产生的电荷是相同的。1791 年伽伐尼就在解剖青蛙的过程中,当小刀触及蛙腿一条神经时,发现蛙腿发生了特殊的收缩,并出现一个电火花。伏特把这一现象解释为只要两种不同的金属浸入导电液体中就可以产生电,实际上伽伐尼实验的青蛙是起到了小刀和金属桌面之间的导电液体的作用。伏特在 1800 年用铜和锌制成了第一个电池。1819—1820 年奥斯特和安培先后在实验中发现了电流对磁针的作用力和载流线圈之间的作用力。1831 年法拉第发表了电磁感应定律。1873 年麦克斯韦用数学方法创立了电磁场理论。1889 年赫兹实现了无线电波的传播,证实了麦克斯韦的理论。

最近几十年里,电路理论和电子技术取得了迅速的发展。20 世纪 60 年代初,晶体管开始取代已经使用了几十年的电子管,但不久它又被集成电路所取代,现在大规模集成电路和超大规模集成电路,能将包含成千上万个晶体管的电路集成在很小的一块芯片上。1945 年诞生了第一台电子计算机用的电子管,计算机占用了一座楼房,而现在的计算机用集成电路制造,体积和功耗都大大减少。计算机的应用得到推广和普及,用计算机进行辅助分析(CAA)及辅助设计(CAD),能使过去用笔算难以胜任的计算工作得以迅速完成。因此,可以认为现代电路理论和电子技术的发展归功于电子器件的研制成功与计算机相结合的新的实验手段。

实验也是大学教学的一个重要环节,它有助于学生理论联系实际,通过实验可验证和巩固所学的基本理论。通过实验及使用计算机,能培养学生的实际操作技能和计算能力,使学生初步掌握进行科学实验的方法并具备一定的分析和解决实际问题的能力,为以后的学习和工作打下基础。因此,实验室和教室一样是学生获得新知识的场所,对实验应有足够的重视。在实验室中应提倡严肃、严格、严密的科学态度和工作作风。

## 1.2 实验程序

### 1.2.1 实验准备

要使实验获得良好的效果,在实验进行之前应进行预习。应先阅读实验指导书,了解实验的目的、任务和注意事项,完成预习练习题并准备回答老师提出的问题。本书在每个实验之前,都对实验中用到的基本原理作简要的介绍,并在附录中给出了常用仪器的使用介绍,必要时应复习有关的理论知识和仪器的使用方法,对实验中应记录的数据和观察的现象最好先列表待用,具体要求为:

(1) 仔细阅读实验指导书及有关参考资料,明确实验目的、任务和要求。了解实验基本原理,熟悉实验路线、方法和步骤。

(2) 明确实验中要观察的现象,要记录的实验数据。了解要使用的仪器设备和元器件的规格。知道在实验中保证人身安全和设备安全的注意事项。

(3) 学生只有在认真预习上述内容并写好预习报告的基础上,才能到实验室进行实验,预习不合格者不得参加实验。

因此根据以上要求,预习报告的书面内容应包括以下内容:

(1) 简单的实验原理、电路,不需要大段摘抄实验指导书中的内容。

(2) 回答预习任务中给出的计算题和思考题。

(3) 画好实验中所需记录数据的表格,及需要绘制曲线的坐标图。

### 1.2.2 实验过程

实验过程是实验程序中最为关键的部分。

#### 1. 实验准备

实验指导老师根据本次实验的具体情况,可在实验前讲授实验要求及注意事项,同时可提问抽查学生预习情况。学生在动手进行实验前,应检查实验设备是否符合要求,包括仪器、设备类型、规格、数量、辅助设备等是否齐全完好。

##### 1) 选择好仪器仪表设备

注意设备的容量。额定参数要选择得适当,太小会造成过载,太大则影响测量精度,一般应比实验中出现的最大值大20%左右。

注意仪表的分压效应和分流效应,尽量避免测试仪表对原电路的影响,必要时应作适当修正。

##### 2) 合理的布局

合理的布局原则是清晰、安全、方便、整齐,防止仪器间互相影响。

##### 3) 测量仪表调零

实验开始前应将测量仪器仪表作零位校正(包括通电后的电性能零位校正和机械零位校正)。接好实验线路,并仔细进行自查,无误后可请老师复查,合格后才能接通电源。如自



己认为确有把握做到正确无误,接线时也可不经老师复查直接通电,对这些学生认真细致的实验态度应计入考核成绩。但对未经复查擅自通电造成设备事故者应酌情处理。

#### 4) 正确连线

- 根据电路的结构特点,选择合格的接线步骤。一般是“先串后并”、“先分后合”或“先主后辅”。
- 接线前应掌握原理图上的节点与实验电路中各元件接点的对应关系。
- 养成良好的接线习惯,走线要合理,导线长短应合适,防止连线短路。
- 多支路接线不宜过多集中于一点,接线松紧要合适,拧紧接线柱螺丝时不要用力过猛。

## 2. 实验操作

观察现象,正确读数并记录,数据如有问题应重测或补测。完成全部项目测试经自己认真核查后可请指导老师复查通过。

操作者要做到心中有数,目的明确。操作时应注意:接通电源时眼观全局,先看现象,再读数据。如有异常,应立即拉闸。

读数要预先掌握仪器仪表量程、分度值。做到快读、读准,并注意读数姿势正确,要求“眼、针、影”成一直线。

记录应完整清晰,记录数据力求表格化,一目了然,要合理取舍有效数字(保持最后一位是估计数字)。

数据必须记录在预习报告中的表格里,作为原始数据。在完成实验报告及数据处理时不得随意修改拼凑原始数据。

## 3. 实验中故障的查找和分析

实验中常会出现各种故障,使实验无法正常进行,这时应分析原因和查找故障。实验故障的原因一般是接线错误、导线断开以及参数调整不合适引起过载等。为避免故障,应注意合理布局,按照实验线路从左到右(或从上到下)认真接线,仔细检查或请教师复查,确认无误再接通电源。

实验所用电源一般都是可调的,在实验时,电压应从零缓慢上调至需要值。同时注意仪器仪表读数是否正常,如出现声响、冒烟、焦味等应立即切断电源,根据现象查找原因。

查找故障的一般步骤是:

- (1) 若电路出现严重短路可能损坏设备时,应立即断电进行检查。
- (2) 电路故障为不通、无电流等情况时,可用电压表(带电)查找断开点,一般先检查接线是否正确,经检查认为正确无误后,仍不通(无电流)则可通过电压表检查各部分的电压有无或大小来确定断线部位。
- (3) 切断电源后也可用万用电表的欧姆挡检查断线处。

## 4. 实验结束工作

- (1) 拆除实验线路,整理导线和仪器探头。
- (2) 仪器设备、桌面和环境的清洁工作。