



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

电子信息系统基础

蓝鸿翔 戴蓓倩 主编
杨基海 刘同怀 陈振新 编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

电子信息系统基础

蓝鸿翔 戴蓓倩 主编
杨基海 刘同怀 陈振新 编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容提要

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪理科非电子类电子电工课程体系和教学内容改革计划”的研究成果,是面向 21 世纪课程教材。

本书以电子信息系统的构成与实现为课程的出发点和最终目标,将电子技术、传感器技术和计算机数据采集技术作为实现信息处理系统的技术手段,同时将数字信号处理方法作为理论基础,力图给非电子类学生一个比较完整的电子信息处理的系统概念。

本书分两篇——“电子线路基础”和“信息系统基础”,共 14 章。内容包括:线性网络及电路模型、运算放大器、PN 结二极管及其应用、晶体管及其小信号放大、晶体管的大信号应用、信号发生电路、模拟乘法器及其应用、组合逻辑电路、时序逻辑电路、传感器及其应用、信号预处理电路、数据采集系统和电子信息系统的的设计。

本书可作为高等学校理科非电子类“电子线路”或“电子技术”课程的教材,也可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子信息系统基础/蓝鸿翔等主编. —北京:高等教育出版社,2002.7
高等理科非电类教材
ISBN 7-04-010489-X

I. 电... II. 蓝... III. ①电子电路—高等学校—教材②信息系统—高等学校—教材 IV. ①TN710②G202

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 087433 号

电子信息系统基础

蓝鸿翔 戴蓓倩 主编

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市东城区沙滩后街 55 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100009	网 址	http://www.hep.edu.cn
传 真	010-64014048		http://www.hep.com.cn

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 中国科学院印刷厂

开 本	787×960 1/16	版 次	2002 年 7 月第 1 版
印 张	28	印 次	2002 年 7 月第 1 次印刷
字 数	520 000	定 价	31.90 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

前 言

在理科专业的教学计划中纳入电子类课程是从 20 世纪 50 年代开始的,主要是物理类专业的“无线电基础”,其教学目标是使学生了解物理科学的发展及其在现代应用技术中的重要作用,了解近代无线电的原理,在物理系这是一门很受欢迎的基础课程。

1978 年刚刚恢复高考,国家教委即在苏州阊门饭店召开教材建设会议,根据 20 年来电子技术的发展以及各非电子类专业对电子技术的需求,会上“无线电基础”组一致确定将该课程改革为“电子线路”或“电子技术”。这一改革是非常必要的,也是十分及时的。十几年来,收到比较好的效果,由武汉大学编写的相应教材“电子线路”被广泛应用。

20 世纪 90 年代以后,电子科学技术取得高速发展,电子计算机和大规模集成电路广泛应用,非电子专业的科技人员已经很少需要设计简单的电路,而可以直接选用单片集成电路,设计与实现具有各种功能的实验系统,近年来,ASIC 的研究与开发已经受到广泛重视,整个信息处理系统可以在一块专用集成电路上实现。计算机软件、硬件技术的快速进展,使得电子信息处理系统的实现已经主要不是依靠电路逻辑系统的设计,而是依靠信息处理软件的设计,不同的软件可以运行在标准化的、模块化的硬件环境下。

面对电子信息系统发展的新形势,专业科学技术队伍的知识需求结构也将发生新的变化,对于非电子类学科而言,需要大量的既熟悉本学科信息处理要求又熟悉电子信息处理系统结构特点的人才,显然这是 21 世纪进行非电子类电子信息系统的教学的目的。

根据上述情况,原国家教委在 1996 年确立了“面向 21 世纪理科非电子类专业电子电工课程体系和教学内容改革”项目,由复旦大学负责,中国科技大学、南京大学和华东师范大学共同承担。本教材是该项目的主要研究成果,其特点是以电子信息系统的构成与实现为课程的出发点和最终目标,将电子电路技术、传感器技术和计算机数据采集技术作为实现信息处理系统的技术手段,同时将数字信号处理方法作为理论基础(另课处理),力图给非电子类学生一个比较完整的电子信息处理系统的概念。

本课程应实施“弹性”课时结构。知识爆炸和知识更新速度的加快,促使各专业教学计划不断膨胀,总学时出现超标现象。新的“电子信息系统基础”课程

已经充分注意到这一点,各校在实施时可以采取“压缩基本课时,增加选修比重,实施弹性结构”的原则。本课程由两大基础部分组成,“电子线路基础”课时控制在48~72学时,“信息系统基础”课时控制在32~54学时,即课堂总学时控制在80~126之间。

与课堂教学相配合,本课程的实验教学也应充分重视。利用现有非电专业电子技术实验室环境,增加计算机、电路分析软件和虚拟仪器开发系统即可。

本教材由14章组成,第一章为绪论,总体叙述电子信息系统的概貌,第二章至第十章为模拟与数字电子技术基础,第十一章至第十四章为信息系统基础。全书由复旦大学蓝鸿翔教授和中国科技大学戴蓓倩教授主编,第一章由蓝鸿翔和戴蓓倩编写,第二、三章由戴蓓倩编写,第四、五、六、七、八章由杨基海编写,第九、十章由刘同怀编写,第十一、十二和十四章由陈振新编写,第十三章由蓝鸿翔和陈振新编写。在本书的编写过程中,项目组总负责人复旦大学凌燮亭教授和南京大学沈振宇教授、华东师范大学安同一教授、沈建国教授以及项目组全体成员对于教材的指导思想、大纲、内容组织与取舍等主要问题进行了多次研究讨论,提出了十分中肯的意见。书稿成型后,东南大学谢嘉奎教授对全书进行了仔细认真的审阅,对本书的总体结构和具体细节的陈述都提出许多科学、有益的意见。对于所有专家的意见和建议,我们进行了认真研究,并充分吸收。在文字录入及绘图方面得到周瑞华同志的大力支持。在此一并致以衷心的感谢。

由于本教材的体系结构是一种新的尝试,又受限于编者学术水平,书中缺憾和错误在所难免,谨望读者不吝指正。

编者

2001年8月

责任编辑	李宇峰
封面设计	张楠
责任绘图	宗晓梅
版式设计	周顺银
责任校对	朱惠芳
责任印制	宋克学

目 录

第一篇 电子线路基础

第一章 绪论	1
1.1 课程目标	1
1.2 电子信息系统的基本概念	2
1.2.1 系统的基本概念	2
1.2.2 信号与信号处理	2
1.3 电子信息系统	6
1.3.1 电子信息系统的组成	6
1.3.2 模型化分析方法	11
1.3.3 电子信息系统的实现	11
1.4 教材的结构与使用	12
1.4.1 电子线路基础	12
1.4.2 信息系统基础	13
习题	13
第二章 线性网络及电路模型	14
2.1 网络和基尔霍夫定律	14
2.1.1 网络	14
2.1.2 基尔霍夫电流定律(KCL)	14
2.1.3 基尔霍夫电压定律(KVL)	15
2.2 单口器件、单口网络的电压电流关系及电路定理	16
2.2.1 概述	16
2.2.2 线性电阻	16
2.2.3 理想独立电源	18
2.2.4 短路和开路	19
2.2.5 线性叠加原理	20
2.2.6 非理想独立电源	22
2.2.7 等效电源定理	26
2.3 双口网络的输入、输出及传输特性	32
2.3.1 概述	32
2.3.2 受控源	33
2.3.3 控制与放大	37

2.3.4 反馈	41
2.4 电容和电感	43
2.4.1 正弦信号	43
2.4.2 电容	47
2.4.3 电感	51
2.4.4 RC 电路的响应	55
习题	61
第三章 运算放大器	68
3.1 概述	68
3.1.1 运算放大器的电路符号	68
3.1.2 运放的电压传输特性和电路模型	69
3.1.3 理想运算放大器	70
3.1.4 运放的输入方式	70
3.2 运放的线性应用电路	71
3.2.1 运放线性工作条件及分析方法	72
3.2.2 反相放大器和电压跟随器	74
3.2.3 模拟加法器和减法器	75
3.2.4 积分器和微分器	77
3.3 运放的非线性应用电路	81
3.3.1 比较器	81
3.3.2 施密特触发器	84
3.3.3 方波发生器	86
3.4 实际运放	87
3.4.1 失调电压及其漂移	87
3.4.2 偏置和失调电流	88
3.4.3 共模抑制比	89
3.4.4 饱和电压和电流	90
3.4.5 转换速率	90
习题	91
第四章 半导体二极管及其应用	95
4.1 PN 结	95
4.1.1 本征半导体	95
4.1.2 杂质半导体	96
4.1.3 PN 结的形成	98
4.1.4 PN 结的特性	99
4.2 半导体二极管	102
4.2.1 二极管的结构和特性	102

4.2.2 二极管大信号模型	103
4.2.3 二极管偏置	103
4.2.4 二极管电阻	104
4.3 二极管的应用电路	106
4.3.1 整流电路与电容滤波	106
4.3.2 限幅电路	111
4.3.3 对数和反对数运算电路	111
4.3.4 稳压电路	112
习题	115
第五章 晶体管及其小信号放大	118
5.1 双极型晶体管(BJT)	118
5.1.1 晶体管的放大工作原理	119
5.1.2 共发射极电压电流关系曲线	122
5.2 单级小信号放大	124
5.2.1 单级共射放大电路的工作原理和组成	124
5.2.2 静态工作点的估算	128
5.2.3 交流小信号分析	129
5.2.4 单级共射放大电路的频率响应	133
5.2.5 带有 R_E 的共射放大电路	141
5.3 场效应晶体管的工作原理及其放大电路分析	144
5.3.1 MOS场效应晶体管	145
5.3.2 结型场效应晶体管	149
5.3.3 场效应管放大电路分析	151
5.4 电压跟随器	155
5.5 电流源电路	159
5.5.1 基本电流源电路	159
5.5.2 有源负载放大电路	163
5.6 多级放大电路	164
5.6.1 级间耦合方式	164
5.6.2 多级放大电路的中频增益和输入、输出电阻	166
5.6.3 多级放大电路的频率响应	168
习题	170
第六章 晶体管的大信号应用	179
6.1 功率放大电路	179
6.1.1 概述	179
6.1.2 简单的甲类功率放大电路	180
6.1.3 乙类互补对称功率放大电路	182

6.1.4 交越失真	187
6.2 模拟电子开关电路	189
6.2.1 概述	189
6.2.2 BJT 模拟开关	190
6.2.3 MOS FET 模拟开关	195
习题	200
第七章 信号发生电路	203
7.1 正弦波发生电路	203
7.1.1 正弦波振荡器的基本原理	203
7.1.2 RC 正弦波振荡器	206
7.1.3 LC 正弦波振荡器	208
7.1.4 石英晶体正弦波振荡器	213
7.2 非正弦波发生电路	217
7.2.1 方波和三角波发生电路	217
7.2.2 矩形波和锯齿波发生电路	220
习题	221
第八章 模拟乘法器及其应用	226
8.1 模拟乘法器概述	226
8.1.1 模拟乘法器的基本概念	226
8.1.2 模拟乘法器的特性	226
8.2 模拟乘法器在模拟信号运算中的应用	227
8.2.1 除法运算	228
8.2.2 平方和平方根运算	228
8.2.3 均方根运算	229
8.3 模拟乘法器在通信系统中的应用	230
8.3.1 调制和解调的一般概念	230
8.3.2 振幅调制	231
8.3.3 同步检波	232
8.3.4 混频器	233
8.4 模拟乘法器的其他一些应用	234
8.4.1 可控增益放大器	234
8.4.2 绝对值电路	235
8.4.3 压控方波三角波发生器	235
习题	236
第九章 组合逻辑电路	237
9.1 数字信号与数字电路	237
9.1.1 数字信号	237

9.1.2 数字电路	237
9.2 逻辑代数	238
9.2.1 逻辑变量	238
9.2.2 基本逻辑运算	238
9.2.3 逻辑函数	239
9.2.4 逻辑代数的常用公式	240
9.2.5 逻辑函数的化简	241
9.2.6 逻辑函数的最小项	242
9.2.7 逻辑关系的图形表示法:卡诺图	243
9.2.8 不完全定义的逻辑函数	247
9.3 逻辑门电路	248
9.3.1 基本逻辑门电路	248
9.3.2 集成逻辑门	250
9.4 组合逻辑电路	255
9.4.1 组合逻辑电路的分析	256
9.4.2 组合逻辑电路的设计	257
9.5 加法器	257
9.5.1 数制	257
9.5.2 1位二进制加法器	259
9.5.3 多位二进制加法器	260
9.6 数值比较器	261
9.7 编码器	263
9.7.1 BCD 码	263
9.7.2 8421 BCD 码编码器	264
9.7.3 二进制编码器	265
9.8 译码器	267
9.8.1 3线-8线二进制译码器	268
9.8.2 4线-16线二进制译码器	268
9.9 数据选泽器	270
9.10 数据分配器	272
9.11 半导体数码显示管和译码驱动电路	273
9.11.1 七段半导体数码管	273
9.11.2 BCD 七段译码器	273
习题	275
第十章 时序逻辑电路	280
10.1 触发器	280
10.1.1 基本触发器	280

10.1.2 时钟触发器	281
10.1.3 $J-K$ 触发器	282
10.1.4 D 触发器	283
10.1.5 T 触发器	285
10.1.6 时钟触发器的直接预置端	285
10.1.7 时钟触发器的时间参数	286
10.2 时序逻辑电路	287
10.2.1 时序逻辑电路的结构和分类	287
10.2.2 时序逻辑电路的分析	288
10.2.3 寄存器	292
10.2.4 移位寄存器	293
10.2.5 计数器	294
10.3 随机存取存储器(RAM)	300
10.3.1 RAM 的结构	300
10.3.2 RAM 的存储单元	300
10.4 只读存储器(ROM)	303
10.4.1 MOS-ROM	303
10.4.2 可编程只读存储器(EPROM)	304
10.4.3 用 ROM 实现组合逻辑	306
10.4.4 用 ROM 和触发器实现时序逻辑	307
10.5 可编程逻辑器件简介	308
习题	310

第二篇 信息系统基础

第十一章 传感器及其应用	315
11.1 概述	315
11.1.1 非电量测量的实现与传感器	315
11.1.2 传感器及其发展概况	315
11.1.3 传感器的分类	316
11.2 温度传感器	317
11.2.1 温度传感器的分类、基本工作原理及其选择	317
11.2.2 三极管温度传感器和 IC 温度传感器的应用	319
11.2.3 热敏电阻温度传感器的应用	321
11.3 光传感器	324
11.3.1 光传感器的分类、基本工作原理及其选择	324
11.3.2 单一型光传感器和复合型光传感器的应用	328
11.4 压力传感器	332

11.4.1 压力传感器的分类、基本工作原理及其选择	332
11.4.2 应变片压力传感器及其应用	333
11.4.3 扩散型半导体压力传感器及其应用	335
11.5 流量传感器	336
11.5.1 流量传感器的分类、基本工作原理及其选择	336
11.5.2 机械流量传感器及其应用	337
11.5.3 超声流量传感器及其应用	338
11.6 位移/加速度传感器	341
11.6.1 位移/加速度传感器的分类、基本工作原理及其选择	342
11.6.2 位移传感器及其应用	344
11.6.3 加速度传感器及其应用	347
11.7 其他非电量传感器	350
11.7.1 光电式表面传感器及其应用	351
11.7.2 电涡流式厚度传感器及其应用	351
11.7.3 超声波传感器及其应用	352
11.7.4 PVDF 心音脉搏传感器及其应用	353
习题	355
第十二章 信号预处理电路	357
12.1 概述	357
12.1.1 信号预处理的性能要求	357
12.1.2 信号预处理电路的组成	358
12.2 信号放大电路	359
12.2.1 差分信号放大电路	359
12.2.2 测量放大器电路	364
12.3 信号滤波电路	366
12.3.1 滤波的基本概念	366
12.3.2 一阶有源滤波器电路	369
12.3.3 二阶有源滤波器电路	370
习题	377
第十三章 数据采集系统	380
13.1 概述	380
13.1.1 数据采集系统及其组成	380
13.1.2 数据采集的理论基础——采样定理	382
13.2 信号的选择输入	382
13.2.1 多路模拟开关在信号选择输入中的应用	382
13.2.2 多路模拟开关的等效电路与参数	383
13.2.3 两种常用的多路模拟开关及其特性	385

13.3 采样—保持	386
13.3.1 采样—保持器的基本原理	386
13.3.2 采样—保持器的参数	387
13.3.3 LF198 的主要特性、典型连接和使用	388
13.4 数模转换和模数转换	390
13.4.1 数模转换的基本工作原理	390
13.4.2 $R-2R$ 型网络 DAC	391
13.4.3 DAC 的主要性能指标	393
13.4.4 集成 DAC 应用举例	394
13.4.5 模数转换的实现步骤及其分类	396
13.4.6 逐次比较型 ADC 的工作原理	397
13.4.7 双积分型 ADC 的工作原理	398
13.4.8 ADC 的主要性能指标	400
13.4.9 集成 ADC 应用举例	401
13.5 数据采集系统与微机的接口	403
13.5.1 数据采集系统对微机接口的要求	403
13.5.2 典型数据采集系统的微机接口电路	404
习题	409
第十四章 电子信息系统的的设计	412
14.1 设计方法概述	412
14.1.1 系统结构的配置选择	412
14.1.2 典型的模拟输入/输出系统	416
14.1.3 地线布置、电源退耦和计算机总线使用的考虑	417
14.2 设计举例	420
14.2.1 热电偶温度测量系统设计	420
14.2.2 采用 Intel 8086 的典型数据采集系统	423
14.2.3 数字化的语音处理系统	428
参考文献	435

第一篇 电子线路基础

第一章 绪 论

1.1 课 程 目 标

当前,人类社会正处于电子信息时代,电子计算机、大规模集成电路和微处理器的飞速发展,使得电子信息处理系统日益广泛地渗透到科学技术、国民经济和国防建设等各个领域,其应用已远远超出通讯和数据处理的范畴,凡是涉及测量、分析、控制和调节等都要用到电子信息处理技术。随着社会信息化程度日益提高,电子信息处理技术的作用日益增大。在当今各学科的科学研究和应用技术开发中,电子信息处理已是不可缺少的基本手段。面对电子信息系统发展的新形势,专业科学技术队伍的知识需求结构必将发生新的变化,一方面需求大量的专用集成电路设计人才,另一方面需求大量的既熟悉各个学科信息处理要求又熟悉电子信息系统结构特点的“系统级”设计人才,显然前者应该由电子类专业负责培养,而后者是进行非电子类电子信息系统教学的目的。

本课程的目标是在较宽范围内介绍现代电子信息处理技术的概念和应用,并根据电子信息处理技术的各种应用来讲述涉及该领域范围的一些基本概念、基本技术和基本方法。由于学时和篇幅的限制,我们将主要选择那些当前科学和技术发展要求的最基本的内容。

本课程将包括必要的网络理论知识、方法及分析技巧,了解和熟悉常用电子器件的基本原理和工作特性,学习和了解基本的电子电路组成、功能以及模型化的分析处理方法和电子信息处理系统的典型结构及其实现方法。通过本课程的学习,使学生获得理解和分析基本电子电路和信息处理系统的初步能力,并将其应用到有关的学科领域中。

1.2 电子信息系统的基本概念

1.2.1 系统的基本概念

系统(System)一词来自希腊文,是放在一起的意思。系统的含义很广,一般定义为:由若干相互作用和相互依赖的事物组成的、具有特定功能的整体。例如,太阳系、人的神经系统、原子结构等属于自然系统;交通运输网、大型计算机网等属于人工系统;社会经济、政治机构等属于非物理系统;通讯网、电力网等属于物理系统。

本课程涉及的系统是指电子信息处理系统,它是由自然界原始物质运动参数的检测系统(包括传感器、信号调理器即标准仪器放大器、模/数转换器及数据采集器)、数字信号处理和数字控制处理器、数字显示系统和控制信号输出与控制执行机构等组成。它是由电子电路与计算机处理组合成的复合系统,其中参数检测和输出执行是典型的电子电路系统,信号处理与控制策略处理是典型的计算机软件系统。完整地讲,电子信息系统还应该包含信号(数据)的传输、信源编码、信道编码和信号接收部分,由于这部分内容的重要性,一般将其单独设课。

根据电子信息系统本身的性质,它可以分类为:线性和非线性、时变和非时变、即时与动态、连续与离散、集总参数与分布参数、确定性与随机系统等。本课程主要讨论线性、非时变、离散/数字、集总参数的确定系统。

1.2.2 信号与信号处理

现代电子信息处理技术及其应用是建立在信号与信号处理的基础上的,在现代电子学中,电压和电流是作为载有信息的信号出现的,而现代电子信息处理系统就是处理这些载有信息的电压或电流的装置,它包括信号的放大、衰减、运算、滤波、去噪声、波形变化和传输等功能。事实上,现代电子信息处理系统基本上是数字化的,因此,必须对数字信号处理系统有个最基本的了解。

1.2.2.1 关于信息、消息、信号和信息系统

人们在交往和社会活动中,想告诉对方的关于某人、某事件、某对象或某环境的一些新情况,“抽象”称为信息。

信息本身在传递过程中,一定要依靠某种载体,诸如语言、文字、图像或数据等等,载有信息的语言、文字、图像或数据等被称为消息,如报纸上的文章、电台电视台播出的节目等。

为使消息作远距离的传输,必须把它转换成为光、电等物理量,只有把消息转换成为光、电等物理量,才能传遍全球。在这里,带有消息的光、电的变化过

程,称为信号。

在对信号进行处理的过程中,离不开各式各样的物理设备,而为进行信息处理与传递所需的这些物理设备的总和,即构成了一个信息处理系统。

1.2.2.2 电信号

电信号是不断随时间变化的电流和电压,其随时间的变比幅度、频率和相位中包含有信息,这种信息可以是语言和音乐,也可以是某物理参量,或者是数值数据,例如股票市场的行情记录等。信号是信息的表现形式,而信息则是信号的具体内容。

为便于信息处理,通常将非电物理量及其变化(例如机械系统的力和速度、液压系统的压力和流量、光学系统的光强度和声学系统的声音波动等)通过换能装置(又称传感器)变换为电参量(电压或电流)。同时非电系统的行为也可以通过模型化,以一个等效的电子系统去替代,并据此对系统进行分析和研究。因此,研究和分析电子电路和信息处理系统,具有广泛的适用范围和普遍的意义。

1.2.2.3 模拟信号和数字信号

信号载有信息的方式有两种。一种是以电压(或电流)随时间连续变化的方式载有信息的信号,即模拟信号,其幅度、频率和相位的变化都可以加载信息。事实上,自然界中的大量运动过程的参数变化都是随时间连续变化的,都是模拟信号。

信号的另一种方式是数字信号。由于电压/电流信号的幅度、频率和相位也可以用数字的方式表示,最常用的是二进制数字流,形成数字信号。利用计算机进行信号处理,必须采用数字信号表示方法。自然的、连续的、模拟的信号需要经过模数转换变为数字信号进入计算机进行处理。

当然,有一些简单的状态信息本身就是二值化的,它也是数字信号,常用 ON-OFF 或 YES-NO 表示这类信息。

1.2.2.4 常用的典型信号

描述信号的基本方法是用数学表达式将其表示为时间函数,并画出相应的时域波形。

(1) 直流信号

数学表达式为

$$u(t) = U$$

在电子电路中,上述波形表明了在所研究的电路中该直流电源已接入了足够长的时间,属于稳定状态,其波形如图 1.2.1 所示。

(2) 正弦(或余弦)信号

数学表达式为

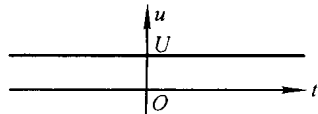


图 1.2.1