



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电工学基本教程

(第 四 版)

■ 孙骆生 主编



高等教育出版社
Higher Education Press



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

TM1/55=3D

2008

电工学基本教程

(第 四 版)

■ 孙骆生 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

内容简介

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书第一版 1987 年获国家教委优秀教材一等奖,第二版 1999 年获教育部科技进步三等奖。为适应当前学时减少的情况,第四版在保证基础、阐述问题比较充分、有根有据的特点和增加新技术情况下,删减次要内容,全书上、下册合成一册。主要包括:

上篇电工技术:电路基本知识和基本定律、定理,交流电路,三相交流电路和安全用电,电路的暂态分析,磁路和变压器,交流电动机,电气控制技术。

下篇电子技术:半导体、二极管和晶体管,基本放大电路,集成运算放大器及其应用,电力电子技术,逻辑门和组合逻辑电路,触发器和时序逻辑电路,大规模集成电路。

本书适用于高等院校、大专院校、高等职业教育、成人教育的非电类各专业。

图书在版编目(CIP)数据

电工学基本教程/孙骆生主编. —4 版. —北京:高等教育出版社, 2008. 1

ISBN 978-7-04-022626-3

I. 电… II. 孙… III. 电工学-高等学校-教材
IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 182531 号

策划编辑 金春英 责任编辑 唐笑慧 封面设计 于文燕 责任绘图 郝林
版式设计 范晓红 责任校对 姜国萍 责任印制 朱学忠

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 河北新华印刷一厂

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.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×1092 1/16
印 张 27.75
字 数 680 000

版 次 1984 年 3 月第 1 版
2008 年 1 月第 4 版
印 次 2008 年 1 月第 1 次印刷
定 价 36.70 元 (含光盘)

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 22626-00

第一版前言

本书是根据1980年6月在成都召开的高等学校工科电工教材编审委员会扩大会议审订、教育部批准的高等工业学校120学时类型《电工学教学大纲(草案)》(四年制非电专业试用)编写的,经过电工教材编审委员会电工学教材编审小组评选,作为120学时类型电工学课程的基本教材。

本书分上、下两册。第一、四、五、十、十二章由北京轻工业学院孙骆生编写,第二、三章,第六、七、九、十三章,第八、十一章分别由东北工学院汤肇善、邹笃镭、裴新才编写,由孙骆生担任主编。

全书初稿经主审单位北京航空学院罗中仙、耿长柏、李郁芬三位同志审阅,并在电工学编审小组主持召开的西安评选会议上,按照1980年审订的120学时电工学教学大纲(草案)和1982年11月在南宁召开的电工学教学大纲讨论会提出的高等工业学校120学时《电工学教学大纲(草案)补充说明》的要求进行了认真的讨论,提出了修改意见,经编者修改、主编定稿后,最后由主审单位进行了复审。

参加本书审稿会的还有西安交通大学的袁旦庆、沙烽等同志。

审稿会上提出的修改意见,对于保证基本教材的质量十分宝贵,我们在此表示衷心感谢。

按照编审小组和审稿会的意见和要求,本书在编写和修改中,注意了加强基本概念、基本理论的讲解和反复运用,理论联系实际,精简次要内容,以便学生把基本内容学到手;在讲述方法上力求循序渐进,从具体到抽象,从特殊到一般,以便学生容易接受和进行自学;在体例安排上,主要章节有例题,主要段落后面有思考题,每章有一定份量的习题,以便学生搞清基本概念,掌握所讲理论,锻炼分析解决问题的能力(供选做的难题打有*号,有的习题只给出供自我检查、校核用的部分答案)。

由于我们水平有限,书中难免存在不少缺点和错误,殷切希望读者给予批评指正。

编者

1983年11月

第二版前言

本书第二版是按照下述要求进行改写和修订的。

1. 符合高等学校工科电工学课程指导小组 1986 年制订、国家教育委员会批准的《高等工业学校电工技术(电工学 I)课程教学基本要求》和《高等工业学校电子技术(电工学 II)课程教学基本要求》的规定。书中内容能覆盖这两门课程的教学基本要求。

2. 保持原 120 学时类型电工学基本教材的性质,精选内容、在篇幅和份量上能适用于上述两门课程按所规定的下限学时($55 + 55 = 110$ 学时)进行教学。

3. 保持本书第一版的特色,继续在讲清基本概念、基本理论、基本分析方法、尽量联系实际应用、着重培养能力和便于自学上面下工夫。根据我院和外校在使用本书第一版过程中发现的问题和所提意见,修改第一版中存在的缺点和不足之处。

4. 采用国家标准中规定的文字符号和图形符号。

这样,书中就增补了一些内容,如:数字电子电路、电工测量、非线性电阻电路等;还改变了一些内容的讲述系统和侧重点,如:“交流放大电路”和“直流放大电路”两章改为“晶体管基本放大电路”和“集成运算放大器及其应用”(内含负反馈的系统讲解),用零状态响应,零输入响应和全响应讲解瞬变过程等;相应的,也删去和精简不少内容。例题、思考题、习题作了增补和删改。

本书仍由原主审北京航空航天大学(原北京航空学院)罗中仙教授和李郁芬教授负责审稿,他们对本书修订稿进行了认真仔细的审阅,逐章逐节提出了许多宝贵的修改意见,在此对这两位老师和其他使用过或看过本书第一版并提出修改意见的老师们一并致以衷心的感谢!

我在进行全书的增补、改写和修订的工作中,深感电工学课程涉及的面实在太宽,各个部分的理论、应用和发展现状,很难在短时间内一一搞清楚,因此书中肯定存在不少不妥之处,恳切希望使用本书的教师和同学以及其他读者提出批评和意见,以便修改。

孙骆生于北京轻工业学院

1989 年 11 月

第三版前言

本书第三版是按照教育部 1995 年颁发的《电工技术》(电工学 I)课程教学基本要求和《电子技术》(电工学 II)课程教学基本要求,在第二版的基础上,总结教学和教改经验,进行全面修订和改编。主要的改进和更新如下:

1. 保持中等学时电工学基本教材的性质和篇幅,保持本书原有的特色,适当加强电工和电子电路基本分析能力的培养(如含受控源、含反馈电路的分析)和增加新技术(如可编程控制器,可编程逻辑器件,电力电子技术)及其应用的介绍,以适应科学技术发展和社会主义建设的需要。

2. 贯彻“少而精”原则,分“章”、扩“节”[全书从十五章改编为十九章,每章的节数减少,每一节(含小节)的内容较为完整和相对独立]、编好书后的“索引”,便于教师选讲、学生选学,以适应不同院校,不同专业(含文、经、管、商),不同学时进行“模块化”教学的需求。

3. 根据 1996 年编写出版《电工学基本教程学习辅导》使用情况和经验,将每章习题前的“本章小结”改为习题后的“问题简答”,像辅导答疑时那样同读者“对话”,选讲课程的基本问题和较难的思考题与较典型的习题的答案,澄清常见的模糊概念,把“传道”、“授业”和“解惑”结合起来,让同学在学习负担不致过重的情况下把“基本要求”规定的知识和能力真正学到手。讲述的内容及问题根据各章具体情况安排。

4. 精选内容,理论联系实际,力求问题讲解充分到位,文字简明,结论有根有据,让同学感到具体、实在、不“玄”,便于自学;让教师感到好用。

5. 按国家标准的规定,修改订正全书的文字符号和图形符号。

本书第三版的章节划分和具体内容安排详见目录,其中标有“△”号的非共同性基本内容和标有“*”号的选讲内容是对高校本科非电类工程专业中等学时电工学课程而言的,不同院校,不同性质专业,按各自需要选讲。

本版教材由清华大学王鸿明教授审稿,他认真负责、逐章、逐节、逐句、详尽细致地审阅了书稿,提出了许多宝贵意见和修正、修改建议,在此表示衷心感谢。

本书第十章“可编程控制器”由陈岩同志编写;第十九章中“可编程逻辑器件”由张宏建同志编写。

多年教学和教材工作中,深感自己知识面不宽,精力有限,书中肯定有疏漏、不妥乃至错误之处,恳切希望使用本书的教师、同学和读者提出批评和建议,以便继续改进。

孙骆生于北京工商大学

2003 年 1 月 27 日

第四版前言

本书第四版在第三版的基础上,参考近年来电工学课程在教学时数有所压缩情况下的教学改革经验,进行了全面的修订。

本书第三版在修订时,按照1995年电工技术、电子技术课程教学基本要求增加的条目如:非线性电阻元件的伏安特性及静态电阻、动态电阻、功率 MOS 场效晶体管及其应用、集成定时器及用它组成的单稳态触发器和多谐振荡器;并根据电工学研究会上讨论新“电工技术、电子技术课程教学基本要求”的建议如:增加受控源、可编程控制器、可编程逻辑器件,补充了这些内容,使教材篇幅有所扩展。而采用中等学时电工学教材的专业修订教学计划所给学时却有所减少,教材和教学互相不太适应。

这次教材的修订,经过讨论研究,认为:已经增加的新技术内容要保留;课程的基础和骨干内容要保证;本书原有的特色(按课程内容系统、相关联地讲清其中的基本概念、基本理论和基本分析方法,文字简明,有根有据,便于教、学,让学生真正学到手)要保持,要更好地贯彻“少而精”原则,删减非必要的章节,压缩要求偏高、讲解偏多的小节和段落,改进解释方法。全书篇幅压缩,合成一本,上篇电工技术、下篇电子技术各占一半,共14章。值得一提的是,在数字电路的逻辑门和触发器的修订中,考虑到 CMOS 电路功耗低,集成度高,性能改进快,应用越来越广,重点稍向它倾斜,讲了 CMOS 门电路、边沿触发型 CMOS D 触发器和 JK 触发器,不再讲主从型 JK 触发器和一次翻转问题,让学生更注重触发器的应用。

本版教材仍由清华大学王鸿明审稿,他认真负责,逐章、逐节、逐句、详尽细致地审阅了书稿,提出了许多宝贵意见和修正、修改建议,帮助精选内容,压缩篇幅,提炼讲解文字,在此表示衷心感谢。

本书电气控制技术一章中“可编程控制器”部分由北京工商大学信息工程学院陈岩编写;数字电子电路三章中“二极管门电路”、“MOS 集成门电路”、“CMOS D 触发器”、“CMOS JK 触发器”、“可编程逻辑器件”等内容由北京工商大学信息工程学院张宏建编写。

本书附有配套的教学光盘,前半部分是供讲课和复习用的教案课件,由首都经济贸易大学钮英建和文华编制;后半部分是供核对作业用的习题全解,由孙骆生编写,本书各章“问题简答”栏不再包含习题选答。

由于学识水平有限,书中肯定有疏漏、不妥乃至错误之处,恳切希望使用本书的教师、学生和读者提出批评和建议,以便继续改进。

孙骆生于北京工商大学

2007年7月19日

目 录

上篇 电 工 技 术

第一章 电路基本知识和基本定律、定理	3
1-1 电路和电路图	3
一、电路的组成和作用	3
二、电路模型和电路图	4
1-2 简单电路的分析计算	6
一、简单电路和复杂电路	6
二、电路中主要物理量的表示方法	6
三、简单电路计算举例	10
四、电阻串、并联电路应用举例	11
1-3 电气设备的额定值和电路的几种状态	14
一、电气设备的额定值	14
二、电路的几种状态	15
1-4 基尔霍夫定律	16
一、基尔霍夫电流定律	16
二、基尔霍夫电压定律	17
1-5 复杂电路的基本分析方法	19
一、支路电流法	19
二、结点电位法	20
1-6 电压源和电流源及其等效变换	22
一、电压源	22
二、电流源	24
三、电压源和电流源的等效变换	25
1-7 叠加定理	27
1-8 等效电源定理	29
一、戴维宁定理	29
二、诺顿定理	32
习题	34
问题简答	41
第二章 交流电路	44
2-1 交流电的基本概念	44

一、交流电的特征、周期和频率	44
二、正弦交流电的三要素	45
三、相位差	46
四、有效值	47
2-2 正弦量的相量表示法	49
一、正弦量的旋转矢量表示法	49
二、正弦量的相量表示法	50
2-3 交流电路中基本理想元件的特性	53
一、电阻元件	53
二、电感元件	55
三、电容元件	58
2-4 正弦交流电路的分析计算	62
一、串联电路	62
二、并联电路	65
2-5 正弦交流电路的功率和功率因数的提高	66
一、瞬时功率、有功功率和功率因数	67
二、无功功率	67
三、视在功率和功率三角形	68
四、提高功率因数	69
2-6 交流电路的谐振	71
一、串联谐振	71
二、并联谐振	75
2-7 非正弦周期电流电路的基本分析方法	77
本章附表	79
习题	81
问题简答	85
第三章 三相交流电路和安全用电	87
3-1 三相交流电源	87
一、三相电动势	87
二、三相电源的星形联结	89
3-2 三相负载的星形联结	90
一、三相四线制电路	90
二、三相三线制电路	92
3-3 三相负载的三角形联结	94
一、三角形联结电路中的一般关系式	94
二、对称负载的三角形联结电路	95
3-4 三相负载的功率	96
△3-5 不对称三相负载电路的分析计算简介	98

一、简单交流电路的组合	98
二、无中性线的星形联结不对称负载电路	100
3-6 安全用电	100
一、电流对人体的作用和伤害程度	101
二、触电方式和安全电压	101
三、保护接地和保护接零	102
四、静电防护	105
五、触电急救	106
六、防火与防爆	106
习题	106
第四章 电路的暂态分析	109
4-1 电路暂态过程概述	109
一、阻容电路和阻感电路中暂态过程简述	109
二、换路定理和暂态过程的初始值	111
三、暂态过程中的激励和响应	113
4-2 阻容电路的暂态过程	113
一、阻容电路对阶跃激励的零状态响应	113
二、阻容电路的零输入响应	117
三、阻容电路对阶跃激励的全响应	117
4-3 一阶电路暂态分析的三要素法	119
4-4 阻感电路的暂态过程	121
一、阻感电路对阶跃激励的零状态响应	121
二、阻感电路的零输入响应和全响应	122
三、电感电路断路时的过电压现象和防护措施	123
习题	125
问题简答	128
第五章 磁路和变压器	130
5-1 磁路基本知识和基本定律	130
一、磁路的基本物理量	131
二、磁路的基本定律	131
5-2 交流铁心线圈	134
一、电压和电流、磁通的关系	135
二、功率损耗和电压、电流的关系	136
5-3 变压器的基本结构	137
5-4 变压器工作原理	138
一、空载运行和电压变换	139
二、负载运行和电流变换	140
三、阻抗变换	142

四、变压器绕组的极性	143
△ 5-5 三相变压器	144
5-6 变压器的额定值	145
5-7 自耦变压器	146
习题	146
问题简答	148
第六章 交流电动机	150
6-1 三相异步电动机的结构	150
一、三相异步电动机定子的结构	151
二、三相异步电动机转子的结构	151
6-2 三相异步电动机的旋转磁场和转动原理	153
一、旋转磁场	153
二、转动原理	155
6-3 异步电动机的铭牌和技术数据	156
一、铭牌	156
二、技术数据	158
6-4 异步电动机工作状态概述	159
一、电路、磁路的工作状态	160
二、电路、旋转磁场相联系的机械系统的工作状态	160
6-5 异步电动机的机械特性和运行特性	163
一、机械特性	163
二、运行特性	164
6-6 异步电动机的起动、反转和调速	165
一、笼型异步电动机的起动	165
二、笼型三相异步电动机的反转	166
三、笼型异步电动机的调速	167
△ 四、绕线型异步电动机的起动和调速	168
6-7 单相异步电动机	169
一、电容分相式异步电动机	170
二、罩极式异步电动机	171
6-8 同步电动机	171
习题	172
问题简答	174
第七章 电气控制技术	176
7-1 常用的低压控制和保护电器	176
一、刀开关	176
二、熔断器	177
三、按钮	178

四、交流接触器	178
五、中间继电器	180
六、热继电器	181
7-2 三相异步电动机的直接起动控制电路	182
7-3 三相异步电动机的正反转和行程控制电路	185
一、正反转控制	185
二、行程控制	187
7-4 异步电动机的时间控制和顺序联锁控制电路	188
一、时间继电器	188
二、时间控制电路举例	189
三、顺序联锁控制	189
7-5 可编程控制器的特点	190
7-6 可编程控制器的基本结构与工作原理	191
一、可编程控制器的基本结构	191
二、可编程控制器的工作原理	192
7-7 可编程控制器的编程语言	193
一、梯形图	193
二、指令语句表	194
7-8 可编程控制器的应用举例	200
一、三相异步电动机的起停控制	200
二、笼型异步电动机 $\text{Y}-\Delta$ 降压起动控制	201
三、产品的计数控制电路	202
习题	203

下篇 电子技术

第八章 半导体、二极管和晶体管	207
8-1 半导体的导电特性	207
一、半导体的导电机理	207
二、PN 结及其单向导电性	209
8-2 二极管	210
一、伏安特性和主要参数	210
二、二极管非线性电路的分析计算和小信号电路模型	212
8-3 二极管整流电路	214
一、单相桥式整流电路	214
二、滤波电路	216
三、硅稳压二极管和简单稳压电路	220
8-4 晶体管	222
一、晶体管的外形、结构和命名	222

二、晶体管的电流放大作用	224
三、晶体管的特性	226
四、晶体管的主要参数	228
8-5 晶体管的小信号电路模型和受控源	230
一、晶体管的简化小信号电路模型	230
二、受控源及其电路分析的注意点	232
习题	233
问题简答	235
第九章 基本放大电路	237
9-1 交流放大电路的基本工作原理	237
一、单管交流放大电路的组成及其工作状态	237
二、单管交流放大电路的小信号模型和电压放大倍数	240
三、放大电路的输入电阻和输出电阻	243
[△] 9-2 交流放大电路的图解	243
一、静态工作点的图解	244
二、动态工作状态的图解	244
三、非线性失真的图解	246
9-3 常用的基本放大电路	247
一、稳定静态工作点的放大电路	247
二、射极输出器	249
三、场效晶体管放大电路(简介)	252
9-4 多级电压放大电路	256
一、阻容耦合多级交流电压放大电路	256
[△] 二、阻容耦合放大电路的频率特性	258
三、直接耦合多级电压放大电路	260
9-5 差分放大电路	261
一、基本电路	261
二、具有射极电阻的差分放大电路	263
三、差分放大电路的四种接法	265
9-6 功率放大器	266
一、无输出变压器的互补对称式放大电路	266
二、无输出电容器的互补对称式放大电路	269
习题	270
问题简答	274
第十章 集成运算放大器及其应用	278
10-1 集成运放简介	278
一、集成运放电路的组成	278
二、集成运放电路的特点	279

三、集成运放的图形符号、电压传输特性和线性区的等效电路模型	280
四、理想集成运放的电路模型	281
10-2 集成运放的型号命名和主要参数	282
10-3 放大电路中的负反馈	284
一、负反馈放大电路的放大倍数	284
二、负反馈的基本类型及其典型运放电路	285
三、负反馈对放大电路性能的改善	290
10-4 运算放大器的线性应用	292
一、比例运算电路	292
二、加、减运算电路	293
三、积分运算电路	294
四、微分运算电路	295
[△] 五、有源滤波器	295
六、比例积分(PI)调节器	296
七、串联型直流稳压电源	297
10-5 运算放大器的非线性应用	299
一、比较器	300
二、迟滞比较器	301
三、方波发生器	302
10-6 正反馈和正弦波振荡器	303
一、自激振荡器的基本工作原理	303
二、RC 振荡器	305
习题	306
问题简答	311
第十一章 电力电子技术	314
11-1 晶闸管的结构、特性和参数	314
一、晶闸管的结构和可控单向导电特性	314
二、晶闸管的伏安特性	316
三、晶闸管的主要参数	317
11-2 晶闸管可控整流电路	317
一、单相半波电路	317
二、单相半控桥式电路	319
三、晶闸管的保护	321
11-3 单结晶体管触发电路	322
一、单结晶体管的结构和特性	323
二、单结晶体管的自振荡电路	324
三、可控整流的单结晶体管触发电路	325

11-4	晶闸管交流调压电路及其应用	327
一、	电路的工作状态	327
二、	交流调压电炉的炉温自动控制电路	328
11-5	功率 MOS 场效晶体管及其逆变电路(简介)	330
一、	功率 MOS 场效晶体管的结构、性能和参数	330
Δ 二、	VDMOS 逆变电路及应用举例	332
习题		336
问题简答		338
第十二章	逻辑门和组合逻辑电路	339
12-1	数字电路的基本知识和有关概念	339
12-2	二极管门电路	340
一、	二极管与门	341
二、	二极管或门	342
12-3	MOS 集成门电路	343
一、	CMOS 非门(反相器)	343
二、	CMOS 与非门和或非门	345
三、	CMOS 漏极开路输出门(OD 门)	346
四、	CMOS 传输门	346
五、	三态输出的 CMOS 门电路	347
六、	MOS 集成电路的型号命名	348
12-4	TTL 集成门电路	349
一、	TTL 与非门	349
二、	TTL 三态门电路	351
三、	TTL 集成电路的型号命名	352
12-5	逻辑代数及其在组合逻辑电路中的应用	353
一、	逻辑代数的基本运算规则和定理	353
二、	组合逻辑电路的分析	355
三、	组合逻辑电路的设计	358
12-6	编码、译码和数字显示	361
一、	数制和编码	361
二、	编码器	362
三、	译码器	362
习题		366
问题简答		369
第十三章	触发器和时序逻辑电路	370
13-1	双稳态触发器	370
一、	RS 触发器	370
二、	CMOS D 触发器	373

三、CMOS JK 触发器	376
四、T 触发器和触发器的转换	377
五、集成触发器的型号	378
13-2 计数器	379
一、二进制加法计数器	379
二、十进制加法计数器	381
三、集成电路计数器	383
13-3 寄存器	385
一、数码寄存器	385
二、移位寄存器	386
13-4 集成定时器和单稳态触发器	387
一、555 集成定时器	387
二、单稳态触发器	389
13-5 多谐振荡器(无稳态触发器)	390
13-6 数字电路的应用	392
习题	394
问题简答	397
第十四章 大规模集成电路	398
14-1 模拟量和数字量的相互转换	398
一、数/模转换器(DAC)	398
二、模/数转换器(ADC)	401
14-2 可编程逻辑器件	403
一、概述	403
二、可编程逻辑的表示方法	403
三、可编程阵列逻辑(PAL)	404
四、通用阵列逻辑(GAL)	406
五、大规模可编程器件	408
习题	409
中英文名词对照	411
附录一 部分二极管的型号和主要参数	418
附录二 部分晶体管的型号和主要参数	419
附录三 普通晶闸管的参数	421
附录四 常用逻辑符号对照表	422
参考文献	424

上篇 电工技术
