



普通高等教育“十五”国家级规划教材

电工学(少学时)

(第二版)

唐 介 主编



Higher Education Press

高等教育出版社



普通高等教育“十五”国家级规划教

TM1
108

DIANGONGXUE

电工学(少学时)

(第二版)

唐介 主编



Higher Education Press

高等教育出版社

SA²/65/12

内容简介

本书是普通高等学校“十五”国家级规划教材,也是高等教育出版社“高等教育百门精品课程教材”之一。

本书是参考即将颁布的新的“电工学教学基本要求”进行修订的,内容既涵盖了基本要求所规定的内容,又有所超越。

全书分上、下两篇。上篇为电工学原理,内容包括电工技术和电子技术两大部分。前七章为电工技术部分,后八章为电子技术部分。下篇为电工学实验,共编入 18 个实验供大家选用。另编有与本书配套的《电工学学习辅导和习题全解》和《电工学多媒体电子教案》等教学参考资料。

本书由上海交通大学朱承高教授审阅。

本书可作为高等学校本科非电类专业的教材,也可供大专院校选用和社会读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

电工学:少学时/唐介主编.—2版.—北京:高等教育出版社,2005.1

ISBN 7-04-015959-7

I.电... II.唐... III.电工学-高等学校-教材
IV.TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 122729 号

策划编辑 金春英 责任编辑 王莉莉 封面设计 于文燕 责任绘图 朱 静
版式设计 王 莹 责任校对 胡晓琪 责任印制 孔 源

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	北京蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京星月印刷厂		http://www.landaco.com.cn
开 本	787×960 1/16	版 次	1999 年 9 月第 1 版
印 张	30.5		2005 年 1 月第 2 版
字 数	570 000	印 次	2005 年 1 月第 1 次印刷
		定 价	31.60 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: 15959-00

第二版前言

本书是普通高等学校“十五”国家级规划教材,也是高等教育出版社“高等教育百门精品课程教材”之一。本书第一版自1999年出版至今已经五年了,社会在前进,科技在发展,教改在深入,方法在更新,为了适应这些变化,在参考正在制订的新的“电工学教学基本要求”和征求对本书第一版意见的基础上,本着保证基础、降低深度、扩大信息、加强应用、便利教学、培养能力的原则,在体系、内容、叙述和习题等方面进行了调整、增删、修改和更新。与第一版相比,变化如下:

1. 全书改为上、下两篇。上篇为电工学原理,下篇为电工学实验,从而将理论教学与实验教学有机结合起来,形成完整的体系。

2. 在内容叙述上,力求概念清楚、文字简练、抓住要点、前后呼应,使教材更为紧凑,既便于课堂教学,又便于学生自学。

3. 在电路理论部分,降低了对解题方法的要求,以够用为度。例如,在RC电路和RL电路的瞬态分析两节中,删去了用电阻串并联等效法和等效电源定理简化电路法求解一阶电路瞬态分析的例题、习题和这方面的要求,通过这两节的学习,只强调了对储能元件充放电规律的认识,而不作解题方法方面的要求,解题方法只要求掌握三要素法。

4. 在电机及其控制部分,仍以基本应用为主,部分内容进行了改写。例如,将铁心线圈电路一节改为电磁铁,既联系了实际,又为后面叙述接触器等电器的工作原理打下了基础。PLC改为以西门子产品为主要介绍对象,这是因为世行贷款由教育部招标提供给我们的产品为西门子产品之故。

5. 电子技术部分增加了直流稳压电源一章,克服了原来的该部分内容分散、难以形成整体概念的缺点。其他章节的内容也作了适当增删,压缩了分立电路,加强了集成电路。例如,基本放大电路一章,除放大电路的工作原理和主要性能指标外,对各种具体的放大电路的分析都作了压缩,降低了要求。这些内容迟早会从电工学中被淘汰,但考虑到当前现状和大家接受的能力仍然保留了。出于同样的理由,在反馈部分删去了对分立电路反馈的分析,只保留了集成运放电路中反馈的分析。为了适应少学时的要求和定位,像主从型JK触发器的一次翻转等也都删除或降低了要求。

6. 对练习题进行了调整,删去了偏难的习题,补充和加强了基本题,使其更适合非电类专业少学时的要求。

7. 考虑到不同专业、不同学校的学时和要求不尽相同,教学条件和教学方法也有差异,为了使教材具有灵活性,对标有*号的部分也进行了调整、修改和补充。由于教育部颁布的教学基本要求只是最低限度要求,因而本书未标*号的部分既涵盖了基本要求所规定的内容,又有所超越。本书是以理论教学64学时(电工技术和电子技术各32学时)和实验教学24学时为依据编写的。学时不足或学生基础较差时,可根据教学基本要求减少讲授内容,或者通过教学手段和教学方法的改进,提高课堂信息量,适当增加学生的自学内容。学时多时,可从标有*号的内容中挑选补充的内容,或者通过习题课等形式提高学生对所学内容掌握的质量。

8. 下篇编入了18个实验供大家选用,其中既有验证性实验,也有设计性和综合性实验;既有基本的传统经典实验,也有现代的电工电子实验,如PLC、变频器、各种集成器件和EDA等。实验与理论结合紧密,每个实验内容比较平均,每个实验都可在2学时内完成。为了提高教材的通用性,每个实验只提供了“实验目的”、“预习内容”、“实验内容”、“问题讨论”四项,不涉及具体仪器设备和元器件的规格、型号,这些内容由教师结合各校实际情况在实验课上介绍,并将实验具体化。

9. 书中图形符号、文字符号和名词术语按国家标准做了少量变动,请读者注意。

为了给教师的教学和学生的自主学习提供较完整的教学资源,最大限度地满足教学的需要,我们还编写和制作了与本书配套的《电工学学习辅导和习题全解》、《电工学(少学时)电子教案》,即将陆续编写和出版的还有《电工学(少学时)网络课程》和《电工学(少学时)试题库》等,以形成较完整的立体化教学软件包。

参加本书编写的还有刘娆(上篇第1、2章,下篇实验1)、李洪春(上篇第3、4章)、刘凤春(上篇第5、10章,下篇实验5)、盛贤君(上篇第6、11章,下篇实验12)、张莉(上篇第7、12章,下篇实验13)、王宁(上篇第8、13章,下篇实验18)、刘蕴红(上篇第9、14章,下篇实验16)、郝万武(上篇第15章)、王林(下篇实验3、4、6、9)、王瑛(下篇实验10、11、17)、李平(下篇实验2、7、8)、万虹(下篇实验14、15)。

本书经上海交通大学朱承高教授仔细审阅,提出了很多宝贵的意见,在此,谨向朱教授表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,殷切期望使用本教材的师生和其他读者给予批评指正。

编者

2004年8月

目 录

绪论	1
----------	---

上篇 电工学原理

第 1 章 直流电路	3
1.1 电路的作用和组成	3
1.2 电路的基本物理量	4
1.3 电路的状态	7
一、通路	7
二、开路	7
三、短路	8
1.4 电路中的参考方向	9
1.5 理想电路元件	10
一、理想有源元件	10
二、理想无源元件	11
1.6 基尔霍夫定律	13
一、基尔霍夫电流定律(KCL)	13
二、基尔霍夫电压定律(KVL)	15
1.7 支路电流法	17
1.8 叠加定理	18
1.9 等效电源定理	21
一、戴维宁定理	21
二、诺顿定理	22
1.10 非线性电阻电路	25
练习题	28
第 2 章 电路的瞬态分析	32
2.1 瞬态分析的基本概念	32
一、稳态和瞬态	32
二、激励和响应	32
2.2 储能元件	34

一、电容	34
二、电感	36
2.3 换路定律	39
2.4 RC 电路的瞬态分析	40
一、RC 电路的零输入响应	40
二、RC 电路的零状态响应	42
三、RC 电路的全响应	43
2.5 RL 电路的瞬态分析	45
一、RL 电路的零输入响应	45
二、RL 电路的零状态响应	47
三、RL 电路的全响应	47
2.6 一阶电路瞬态分析的三要素法	48
练习题	50
第 3 章 交流电路	54
3.1 正弦交流电的基本概念	54
一、交流电的周期、频率和角频率	54
二、交流电的瞬时值、最大值和有效值	55
三、交流电的相位、初相位和相位差	56
3.2 正弦交流电的相量表示法	57
3.3 单一参数交流电路	62
一、纯电阻电路	63
二、纯电容电路	64
三、纯电感电路	67
3.4 串联交流电路	69
一、 R 、 C 、 L 串联电路	69
二、阻抗串联电路	73
3.5 并联交流电路	74
3.6 交流电路的功率	76
3.7 电路的功率因数	80
3.8 电路中的谐振	83
一、串联谐振	84
二、并联谐振	85
3.9 非正弦周期信号电路	87
一、谐波分析的概念	87
二、非正弦周期信号电路	88

练习题	91
第4章 供电与用电	96
4.1 三相电源	96
一、三相电源的星形联结	98
二、三相电源的三角形联结	99
4.2 三相负载	101
一、三相负载的星形联结	101
二、三相负载的三角形联结	103
4.3 三相功率	105
4.4 电力系统	107
4.5 触电事故	109
4.6 触电防护	110
一、安全电压	110
二、保护接地和保护接零	110
三、漏电开关	113
4.7 静电防护	114
一、静电的形成	114
二、静电的防护	114
4.8 电器防火和防爆	115
练习题	115
第5章 变压器	118
5.1 磁路	118
一、磁场的基本物理量	118
二、物质的磁性能	119
三、磁路欧姆定律	121
5.2 电磁铁	123
一、直流电磁铁	124
二、交流电磁铁	124
5.3 变压器的工作原理	128
一、电压变换	129
二、电流变换	131
三、阻抗变换	131
四、功率传递	132
5.4 变压器的基本结构	134

一、主要部件	134
二、主要种类	134
* 5.5 仪用互感器	135
一、电压互感器	135
二、电流互感器	135
* 5.6 自耦变压器	136
* 5.7 三绕组变压器	137
5.8 三相变压器	138
5.9 绕组的极性	140
练习题	142
第 6 章 电动机	144
6.1 电机概述	144
6.2 三相异步电动机的工作原理	145
一、旋转磁场	145
二、工作原理	147
三、转矩平衡	149
四、功率传递	150
6.3 三相异步电动机的基本结构	151
一、定子	152
二、转子	152
6.4 三相异步电动机的铭牌数据	154
6.5 三相异步电动机的机械特性	156
一、固有特性	156
二、人为特性	159
6.6 三相异步电动机的起动	160
一、笼型异步电动机的起动	161
二、绕线转子异步电动机的起动	164
6.7 三相异步电动机的调速	165
一、变频调速	166
二、变极调速	166
三、变压调速	167
四、转子电路串联电阻调速	167
* 五、串级调速	167
* 6.8 单相异步电动机	169
一、脉振磁场	169

二、工作原理	169
三、起动方法	171
* 6.9 交流伺服电动机	172
* 6.10 步进电动机	173
* 6.11 三相同步电动机	175
* 6.12 直流电动机	176
* 6.13 电动机的选择	179
练习题	181
第7章 电气自动控制	183
7.1 手动控制	183
7.2 起停自动控制	184
一、按钮	184
二、交流接触器	185
* 三、中间继电器	188
四、热继电器	188
五、控制电路	189
7.3 正反转控制	192
7.4 顺序联锁控制	194
7.5 行程控制	195
一、行程开关	195
二、控制电路	196
7.6 时间控制	197
一、时间继电器	198
二、控制电路	199
7.7 可编程控制器	200
一、等效电路	200
二、梯形图	202
三、语句表	203
练习题	207
第8章 半导体器件	210
8.1 半导体的基础知识	210
一、本征半导体	210
二、杂质半导体	210
三、PN结	211

8.2 半导体二极管	212
一、基本结构	212
二、伏安特性	213
三、主要参数	214
四、主要应用	215
8.3 特殊二极管	217
一、稳压二极管	217
* 二、光电二极管	218
* 三、发光二极管	218
* 四、光电耦合器	219
8.4 双极型晶体管	219
一、基本结构	219
二、工作状态	220
三、特性曲线	224
四、主要参数	225
8.5 场效晶体管	226
一、基本结构	227
二、工作原理	228
三、特性曲线	230
四、主要参数	230
8.6 集成电路	230
8.7 晶闸管	232
一、普通晶闸管	232
* 二、双向晶闸管	234
* 三、可关断晶闸管	234
练习题	235
第9章 基本放大电路	238
9.1 放大电路的工作原理	238
9.2 放大电路的静态分析	241
一、静态工作点的确定	241
二、静态工作点的影响	243
9.3 放大电路的动态分析	244
一、放大电路的主要性能指标	244
二、放大电路的微变等效电路	248
9.4 双极型晶体管基本放大电路	252

一、共射放大电路	252
二、共集放大电路	254
三、共基放大电路	256
9.5 场效晶体管基本放大电路	259
一、增强型 MOS 管共源放大电路	259
二、耗尽型 MOS 管共源放大电路	261
9.6 多级放大电路	261
9.7 差分放大电路	264
一、工作原理	264
二、输入和输出方式	266
9.8 功率放大电路	267
一、功率放大电路概述	267
二、乙类放大互补对称放大电路	268
三、甲乙类放大互补对称放大电路	269
四、集成功率放大器	269
练习题	269
第 10 章 集成运算放大器	274
10.1 集成运算放大器概述	274
一、集成运算放大器的组成	274
二、电压传输特性	275
10.2 反馈的基本概念	276
一、反馈的分类	277
二、反馈的判断	277
三、负反馈对放大电路性能的改善	279
10.3 理想运算放大器	281
一、理想运算放大器的条件	281
二、理想运算放大器的特性	282
10.4 基本运算电路	283
一、比例运算电路	283
二、加法运算电路	285
三、减法运算电路	285
四、微分运算电路	287
五、积分运算电路	287
10.5 电压比较器	290
一、单限电压比较器	290

* 二、滞回电压比较器	292
* 三、双限电压比较器	293
10.6 RC 正弦波振荡器	294
* 10.7 有源滤波器	297
一、低通滤波器	298
二、高通滤波器	299
练习题	300
第 11 章 直流稳压电源	308
11.1 直流稳压电源的组成	308
11.2 整流电路	309
一、不控整流电路	309
二、可控整流电路	310
11.3 滤波电路	311
一、电容滤波电路	311
二、电感滤波电路	313
三、复式滤波电路	314
11.4 稳压电路	314
一、稳压管稳压电路	314
二、集成稳压电路	315
练习题	317
第 12 章 组合逻辑电路	320
12.1 集成基本门电路	320
一、或门电路	320
二、与门电路	322
三、非门电路	323
12.2 集成复合门电路	324
一、或非门电路	325
二、与非门电路	326
三、三态与非门	327
12.3 组合逻辑电路的分析	329
12.4 组合逻辑电路的设计	332
一、半加器	333
二、全加器	334
12.5 编码器	336

一、普通编码器	336
二、优先编码器	338
12.6 译码器	339
一、二进制译码器	339
二、显示译码器	341
* 12.7 可编程逻辑器件	342
练习题	345
第 13 章 时序逻辑电路	352
13.1 基本双稳态触发器	352
一、输入为低电平有效的的基本 RS 触发器	352
二、输入为高电平有效的的基本 RS 触发器	354
13.2 钟控双稳态触发器	355
一、RS 触发器	355
二、JK 触发器	358
三、D 触发器	362
四、T 触发器	365
13.3 寄存器	368
一、数码寄存器	369
二、移位寄存器	370
13.4 计数器	372
一、二进制计数器	373
二、十进制计数器	375
13.5 集成定时器	377
一、555 集成定时器	377
二、单稳态触发器	379
三、无稳态触发器	382
练习题	384
第 14 章 模拟信号与数字信号的相互转换	391
14.1 数模转换器	391
14.2 模数转换器	395
* 14.3 数字电路的应用举例	397
一、数字钟	397
二、数字转速表	398
练习题	399

* 第 15 章 现代通信技术	400
15.1 现代通信技术概述	400
一、无线通信方式	400
二、电磁波的传播	402
三、调制和解调	403
15.2 移动通信	407
一、公众移动电话系统	407
二、无绳电话系统	409
三、无线寻呼系统	410
四、专用移动通信系统	411
五、无中心个人移动通信系统	411
15.3 卫星通信	412
15.4 光纤通信	414
练习题	416

下篇 电工学实验

实验 1 直流电路实验	418
实验 2 电路的瞬态分析实验	420
实验 3 交流电路实验	422
实验 4 三相电路实验	424
实验 5 变压器实验	427
实验 6 三相异步电动机实验	429
实验 7 继电器 - 接触器控制实验	432
实验 8 可编程控制器实验	433
实验 9 自选题目实验	435
实验 10 基本放大电路实验	435
实验 11 集成运算放大器实验	438
实验 12 直流稳压电源实验	441
实验 13 组合逻辑电路实验	443
实验 14 时序逻辑电路实验	443
实验 15 集成定时器实验	447
实验 16 数模和模数转换实验	449
实验 17 电子秒表实验	452
实验 18 EDA 设计和仿真认识实验	454

附录	456
附录 I 电阻器、电容器的标称系列值	456
附录 II 国产半导体器件型号命名法	457
附录 III 小电流低电压硅整流二极管	458
附录 IV 国标半导体集成电路型号命名方法	458
附录 V 部分集成运算放大器主要技术指标	459
附录 VI 部分数字集成电路引脚排列图	460
部分练习题答案	463
主要参考文献	469

绪 论

“电工学”课程包括“电工技术(电工学Ⅰ)”和“电子技术(电工学Ⅱ)”,是为高等学校非电类专业设置的技术基础课,而且日益成为理、工、农、医、文等各类专业大学本科生素质教育中不可或缺的知识结构的一部分。本课程的作用与任务是:使学生受到辩证唯物主义和爱国主义教育,获得电工技术和电子技术必要的基本理论、基本知识和基本技能,了解电工技术和电子技术的应用和发展概况,为继续学习以及从事与本专业有关的工程技术和科学研究等工作打下一定的基础。

自 1800 年化学电池的发明揭开了人类利用电能的序幕以来,至今已经历了两个世纪。电工技术和电子技术在理论和技术上都取得了迅速的发展,电的应用已广及所有部门,使得无论是工业、农业、国防建设和科学技术等各个方面,还是人们日常的衣、食、住、行和文化生活都出现了惊人的变化。如果说,19 世纪电工技术的发展使得人类实现了由机械化时代向电气化时代的转变,那么 20 世纪以后电子技术的发展又促进了通信、控制和计算机的迅速发展。计算机与通信技术等的结合,正在促进信息技术的根本变革,信息高速公路的出现,使得人类开始进入了全球化信息时代。21 世纪将是不同领域的科学技术相互渗透和融合的时代,电工学与其他学科的结合或向其他学科的渗透,已经或正在促进这些学科的发展并开拓出新的学科领域。在这样的环境下,知识结构和科学文化素质将成为每个人在激烈的社会竞争中能否取得优势的决定性因素。因此,要成为 21 世纪社会主义现代化建设的高级工程技术人才、高级工程研究人才或高级管理人才,学好电工学是十分必要的。

本书分上下两篇。上篇为电工学原理,其中前七章为电工技术部分,包括电路理论、电机、电器及其控制等。后八章为电子技术部分,包括模拟电子技术、数字电子技术、电力电子技术和现代通信技术等。下篇为电工学实验,共编入了 18 个实验。

本课程的教学环节包括讲课、自学、解题和实验等。学习时要注意以下几点:

1. 听课与自学相结合

通过听课,了解各章节的主要内容及其内在联系,听课要跟上思路、理出头绪、多提问题、积极探索。

教师讲课往往只讲重点、要点和难点,其余则要靠大家去自学,既要学习未