



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

电 工 学 (少 学 时)

(第 四 版) (配 光 盘)

- 主 编 唐 介 刘 蕴 红
- 副 主 编 盛 贤 君 王 宁

高 等 教 育 出 版 社



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

电工学 (少学时)

Diangongxue

(第四版) (配光盘)

■ 主 编 唐 介 刘蕴红
■ 副主编 盛贤君 王 宁

高等教育出版社·北京

内容简介

本书为教育部面向 21 世纪课程教材。

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。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(少学时)(第四版)学习辅导与习题解答》和《电工学(少学时)(第四版)多媒体教学课件》教学参考资料。

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,刘蕴红主编.--4 版.--北京:高等教育出版社,2014.7

ISBN 978-7-04-039769-7

I. ①电… II. ①唐… ②刘… III. ①电工学-高等学校-教材 IV. ①TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 104087 号

策划编辑	金春英	责任编辑	许海平	封面设计	于文燕	版式设计	马敬茹
插图绘制	尹文军	责任校对	王雨	责任印制	刘思涵		

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 100120
印 刷 唐山市润丰印务有限公司
开 本 787mm × 960mm 1/16
印 张 31.75
字 数 570 千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landrao.com>
<http://www.landrao.com.cn>
版 次 1999 年 9 月第 1 版
2014 年 7 月第 4 版
印 次 2014 年 7 月第 1 次印刷
定 价 57.00 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 39769-00

前 言

本书第三版自 2008 年出版至今已经五年了。根据这五年来的使用情况和读者意见,本书修订了第四版。与第三版不同之处主要有以下几点:

1. 在各章中增加了“应用实例”一节,以加强理论与实践的联系,通过实例说明在实践中是如何应用电工技术和电子技术的基本知识和基本理论的,以引导学生用心观察周边的相关事物,促使他们用创造性的思维来进行观察、研究和学习。

2. 本版对原有的体系作了调整,根据实际使用的情况和当今科技应用方面的需要,删除了现代通信技术一章,增加了传感器一章,并将电力电子技术的篇幅进行了压缩且与直流稳压电源合并成一章。通过这些调整力求教材在不增加篇幅的情况下,使内容更具实用意义。

3. 考虑到分立元件放大电路的应用日益为集成电路所取代,因此在基本放大电路中,将定量分析和计算的部分单列为一节,并打上*号,教师和学生可视情况决定是否选上或自学。

4. 在下篇电工学实验中,考虑到原 EDA 设计和仿真实验中选用的仿真软件已落后过时,而采用了目前最常用的 Multisim 软件。

本教材第四版与前三版一样,将同时由高等教育出版社出版发行与之配套的《电工学(少学时)(第四版)学习辅导与习题解答》和《电工学(少学时)(第四版)多媒体教学课件》,希望读者充分利用。

参加本教材第四版修订的主要有唐介、刘蕴红、盛贤君和王宁。由于本教材第四版是在前三版,尤其是第三版的基础上修订的,参加前三版编写和修订的同志都为本教材第四版的基础工作作出了贡献,他们的姓名详见前三版前言,此处不再重复。

本教材经上海交通大学朱承高教授仔细审阅,提出了很多宝贵意见,在此谨向他表示衷心感谢。

由于我们的水平所限,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批评指正。

编 者
2014 年 4 月

第三版前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本书第一版是面向 21 世纪课程教材和“九五”国家级规划教材。第二版是“十五”国家级规划教材和高等教育百门精品课程教材。本书第三版是根据前两版,尤其是第二版的使用情况和读者意见进行修订的。通过这次修订,以期使本书在体系、内容、叙述和习题等方面更趋完善和成熟。主要变动如下:

1. 电工技术部分增补、修改和统一了部分名词术语,使用词更为确切、概念更为清楚、叙述更为严谨。

2. 电子技术部分回归“管路结合”的叙述方法,取消了“半导体器件”一章,重编了第 8 章和第 11 章两章。

3. 改正了第二版中的错误和不妥之处。

4. 对部分思考题和练习题进行了调整。

5. 与本书配套的《电工学(少学时)第三版学习辅导与习题解答》、《电工学(少学时)第三版多媒体教学光盘》将同时由高等教育出版社出版发行。

参加本书修订的还有刘娆(上篇第 1、2、3 章)、刘凤春(上篇第 4、5、10 章)、盛贤君(上篇第 6、11 章)、张莉(上篇第 7、12 章)、王宁(上篇第 8、13 章)、刘蕴红(上篇第 9、14 章)、章艳(上篇第 15 章)、王林(下篇电工学实验)。

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

由于水平所限,书中错误和不妥之处在所难免,殷切期望使用本书的师生和其他读者给予批评指正。

编者

2008 年 12 月

第二版前言

本书是普通高等教育“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尧(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。

第一版前言

本书是70学时(不含实验)左右的少学时电工学教材。是从21世纪人才培养的要求出发,结合我校教学改革的成果,参照原国家教育委员会1995年颁布的“电工技术(电工学Ⅰ)”和“电子技术(电工学Ⅱ)”两门课程的教学基本要求编写的。

本书是在继承的基础上进行内容和体系的改革的,在分析和总结了以往的教学经验以后,保留了我们认为合理的部分,根据多年来教学改革的探索和研究,在进行内容和体系的更新时,我们贯穿了适当降低深度,扩大知识面,加强应用性的想法。

使用本书必须和教学方法和教学手段的改革结合起来,必须改变过去单纯以传授知识为主的教学观念和教学方法,以增加课堂信息量,注重培养学生的自学能力和创新能力。

考虑到电工电子实验课单独设课已成为各校改革的趋势,所以电工测量部分内容未包括在本书之内。

书中打*号的章节是供选用的内容。书中的图形和文字符号一律遵照国家标准。

参加本书编写的有唐介(主编)、刘娆(第1,2章)、李洪春(第3,4章)、刘凤春(第5,10章)、盛贤君(第6章)、张莉(第7章)、王宁(第8章)、刘蕴红(第9,13章)、姜永春(第11,12章)、郝万武(第14章)。陈连陞、王毅和李阳等同志也参加和做了很多工作。

本书经清华大学王鸿明教授、上海交通大学朱承高教授和孙文卿教授仔细审阅,提出了修改意见。高等教育出版社的胡淑华编审也对本书的出版给予了很大帮助,提出了很多宝贵的意见。在此,谨向以上同志表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限,加之时间比较仓促,书中错误和不妥之处在所难免,殷切希望使用本教材的师生和其他读者给予批评指正。

编者

1999年4月

目 录

绪论	1
----------	---

上篇 电工学原理

第 1 章 直流电路	5
1.1 电路的作用和组成	5
1.2 电路的基本物理量	7
1.3 电路的状态	9
一、通路	9
二、开路	10
三、短路	10
1.4 电路中的参考方向	11
1.5 理想电路元件	12
一、理想有源元件	12
二、理想无源元件	14
1.6 基尔霍夫定律	16
一、基尔霍夫电流定律(KCL)	16
二、基尔霍夫电压定律(KVL)	17
1.7 支路电流法	19
1.8 叠加定理	21
1.9 等效电源定理	23
一、戴维宁定理	24
二、诺顿定理	25
1.10 非线性电阻电路	27
1.11 应用实例	31
一、手电筒电路	31
二、汽车发电机电路	31
练习题	32
第 2 章 电路的瞬态分析	36
2.1 瞬态分析的基本概念	36
一、稳态和瞬态	36

二、激励和响应	37
2.2 储能元件	38
一、电容	38
二、电感	40
2.3 换路定律	43
2.4 RC 电路的瞬态分析	44
一、 RC 电路的零输入响应	44
二、 RC 电路的零状态响应	46
三、 RC 电路的全响应	47
2.5 RL 电路的瞬态分析	49
一、 RL 电路的零输入响应	49
二、 RL 电路的零状态响应	50
三、 RL 电路的全响应	51
2.6 一阶电路瞬态分析的三要素法	52
2.7 应用实例	54
一、点焊机电路	54
二、闪光灯电路	55
练习题	55
第 3 章 交流电路	59
3.1 正弦交流电的基本概念	59
一、交流电的周期、频率和角频率	60
二、交流电的瞬时值、最大值和有效值	60
三、交流电的相位、初相位和相位差	61
3.2 正弦交流电的相量表示法	62
3.3 单一参数交流电路	67
一、纯电阻电路	67
二、纯电容电路	69
三、纯电感电路	71
3.4 串联交流电路	74
一、 R 、 C 、 L 串联电路	74
二、阻抗串联电路	78
3.5 并联交流电路	79
3.6 交流电路的功率	82
3.7 电路的功率因数	85
* 3.8 电路中的谐振	88
一、串联谐振	89
二、并联谐振	90

3.9 非正弦周期信号电路	92
一、谐波分析的概念	92
二、非正弦周期信号电路	93
3.10 应用实例	96
一、日光灯电路	96
二、电阻电容分流器	97
练习题	98
第4章 供电与用电	102
4.1 三相电源	102
一、三相电源的星形联结	104
二、三相电源的三角形联结	106
4.2 三相负载	107
一、三相负载的星形联结	108
二、三相负载的三角形联结	110
4.3 三相功率	112
*4.4 电力系统	113
4.5 触电事故	116
4.6 触电防护	117
一、安全电压	117
二、保护接地和保护接零	118
三、漏电开关	120
4.7 静电防护	121
一、静电的形成	121
二、静电的防护	122
4.8 电器防火和防爆	122
4.9 应用实例	123
一、住宅供电	123
二、电源插座和插头的使用	124
练习题	125
第5章 变压器	127
5.1 磁路	127
一、磁场的基本物理量	127
二、物质的磁性能	128
三、磁路欧姆定律	130
5.2 电磁铁	132
一、直流电磁铁	133

二、交流电磁铁	133
5.3 变压器的工作原理	137
一、电压变换	138
二、电流变换	140
三、阻抗变换	140
四、功率传递	141
5.4 变压器的基本结构	143
一、主要部件	143
二、主要种类	143
5.5 三相变压器	144
* 5.6 仪用互感器	146
一、电压互感器	146
二、电流互感器	146
* 5.7 自耦变压器	147
* 5.8 三绕组变压器	148
* 5.9 绕组的极性	149
5.10 应用实例	151
一、涡流的应用	151
二、钳形电流表	151
练习题	152
第 6 章 电动机	154
6.1 电机概述	154
6.2 三相异步电动机的工作原理	155
一、旋转磁场	155
二、工作原理	157
三、转矩平衡	160
四、功率传递	160
6.3 三相异步电动机的基本结构	161
一、定子	162
二、转子	162
6.4 三相异步电动机的铭牌数据	164
6.5 三相异步电动机的机械特性	166
一、固有特性	166
二、人为特性	169
6.6 三相异步电动机的起动	170
一、笼型异步电动机的起动	170
二、绕线转子异步电动机的起动	175

6.7 三相异步电动机的调速	176
一、变频调速	176
二、变极调速	177
三、变压调速	177
四、转子电路串联电阻调速	177
* 6.8 单相异步电动机	179
一、脉振磁场	179
二、工作原理	179
三、起动方法	180
* 6.9 交流伺服电动机	182
* 6.10 步进电动机	182
* 6.11 三相同步电动机	185
* 6.12 直流电动机	186
* 6.13 电动机的选择	188
6.14 应用实例	190
一、单相异步电动机的应用	190
二、步进电动机的应用	191
练习题	192
第7章 电气自动控制	194
7.1 手动控制	194
7.2 起停自动控制	195
一、按钮	195
二、交流接触器	196
* 三、中间继电器	199
四、热继电器	199
五、控制电路	200
7.3 正反转控制	203
7.4 顺序联锁控制	205
7.5 行程控制	206
一、行程开关	206
二、控制电路	207
7.6 时间控制	208
一、时间继电器	209
二、控制电路	209
7.7 可编程控制器	210
一、等效电路	210

二、梯形图	212
三、语句表	214
7.8 应用实例	217
练习题	219
第 8 章 直流稳压电源	222
8.1 半导体的基础知识	222
一、本征半导体	222
二、杂质半导体	222
三、PN 结	223
8.2 半导体二极管	224
一、普通二极管	224
* 二、光电二极管	227
* 三、发光二极管	227
* 四、光电耦合器	227
8.3 直流稳压电源的组成	228
8.4 整流电路	229
8.5 滤波电路	230
一、电容滤波电路	231
二、电感滤波电路	232
三、复式滤波电路	233
8.6 稳压电路	233
一、稳压二极管	233
二、稳压二极管稳压电路	235
三、集成稳压电路	235
8.7 晶闸管	238
一、普通晶闸管	238
* 二、双向晶闸管	240
8.8 可控整流电路	240
8.9 应用实例	242
练习题	243
第 9 章 基本放大电路	246
9.1 双极型晶体管	246
一、基本结构	246
二、工作状态	247
三、特性曲线	251
四、主要参数	252

9.2 放大电路的工作原理	253
9.3 放大电路的静态工作点	257
9.4 放大电路的主要性能指标	258
一、电压放大倍数	259
二、输入电阻	259
三、输出电阻	260
四、放大电路的频率特性	261
9.5 双极型晶体管基本放大电路	262
一、共射放大电路	263
二、共集放大电路	264
三、共基放大电路	264
* 9.6 双极型晶体管放大电路的分析	265
一、静态分析	265
二、动态分析	266
9.7 场效晶体管	272
一、基本结构	272
二、基本类型	273
三、工作原理	275
四、特性曲线	275
五、主要参数	275
* 9.8 场效晶体管基本放大电路	276
一、增强型 MOS 管共源放大电路	276
二、耗尽型 MOS 管共源放大电路	277
9.9 多级放大电路	278
9.10 差分放大电路	280
一、工作原理	280
二、输入和输出方式	282
9.11 功率放大电路	283
一、功率放大电路概述	283
二、乙类放大互补对称放大电路	285
三、甲乙类放大互补对称放大电路	285
四、集成功率放大器	286
9.12 应用实例	286
练习题	288
第 10 章 集成运算放大器	292
10.1 集成电路	292
10.2 集成运算放大器概述	293

一、集成运算放大器的组成	293
二、电压传输特性	295
10.3 反馈的基本概念	295
一、反馈的分类	296
* 二、反馈的判断	296
三、负反馈对放大电路性能的改善	298
10.4 理想运算放大器	300
一、理想运算放大器的条件	300
二、理想运算放大器的特性	301
10.5 基本运算电路	302
一、比例运算电路	302
二、加法运算电路	304
三、减法运算电路	305
四、微分运算电路	306
五、积分运算电路	306
10.6 电压比较器	309
一、单限电压比较器	309
* 二、滞回电压比较器	311
* 三、双限电压比较器	312
10.7 RC 正弦波振荡器	313
* 10.8 有源滤波器	316
一、低通滤波器	316
二、高通滤波器	317
10.9 应用实例	318
一、直流电压表	318
二、直流电流表	320
练习题	321
第 11 章 组合逻辑电路	328
11.1 集成基本门电路	328
一、或门电路	328
二、与门电路	330
三、非门电路	331
11.2 集成复合门电路	332
一、或非门电路	332
二、与非门电路	334
三、三态与非门	335
11.3 组合逻辑电路的分析	337

11.4 组合逻辑电路的设计	340
一、半加器	341
二、全加器	342
11.5 编码器	344
一、普通编码器	344
二、优先编码器	346
11.6 译码器	347
一、二进制译码器	347
二、显示译码器	349
* 11.7 可编程逻辑器件	351
11.8 应用实例	353
练习题	355
第 12 章 时序逻辑电路	361
12.1 基本双稳态触发器	361
一、输入为低电平有效的基本 RS 触发器	361
二、输入为高电平有效的基本 RS 触发器	362
12.2 钟控双稳态触发器	364
一、RS 触发器	364
二、JK 触发器	368
三、D 触发器	371
四、T 触发器	374
12.3 寄存器	377
一、数码寄存器	378
二、移位寄存器	379
12.4 计数器	381
一、二进制计数器	382
二、十进制计数器	384
12.5 集成定时器	386
一、555 集成定时器	386
二、单稳态触发器	388
三、无稳态触发器	391
12.6 应用实例	393
练习题	394
第 13 章 模拟信号与数字信号的相互转换	401
13.1 数模转换器	401
13.2 模数转换器	406