



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

电 工 学

(少学时)

理工大学电工学教研室
唐介 主编



机械工业出版社
MECHANICAL PRESS

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

电 工 学

(少学时)

大连理工大学电工学教研室编

唐 介 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

(京)112号

图书在版编目(CIP)数据

电工学:(少学时)/唐介主编. —北京:高等教育出版社,
1999.9

ISBN 7-04-007681-0

I.电… II.唐… III.电工学-教材 IV.TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 30614 号

电工学(少学时)

大连理工大学电工学教研室 编

唐介 主编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 中国科学院印刷厂

纸张供应 山东高唐纸业集团总公司

开 本 787×960 1/16

版 次 1999年9月第1版

印 张 26.75

印 次 1999年9月第1次印刷

字 数 490 000

定 价 27.90 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。



版权所有 侵权必究



ND54/20
面向21世纪课程教材



普通高等教育“九五”
国家教委重点教材

内 容 简 介

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的研究成果,是面向 21 世纪课程教材和教育部工科电工学“九五”规划教材。

本书是从 21 世纪人才培养的要求出发,结合多年教改的经验和成果,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。全书内容包括直流电路,电路的暂态分析,交流电路,供电与用电,变压器,电动机,电气自动控制,半导体器件,基本放大电路,集成运算放大器,组合逻辑电路,时序逻辑电路,模拟信号与数字信号的相互转换,现代通信技术等。

本书由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审阅。

本书可作为高等学校非电类专业的教科书,也可供其他工科专业选用和社会读者阅读。

本书同时还是高等教育“九五”教育部级重点教材。

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)、刘焯(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

| | |
|------|-----|
| 责任编辑 | 胡淑华 |
| 封面设计 | 张楠 |
| 责任绘图 | 李维平 |
| 版式设计 | 马静如 |
| 责任校对 | 马桂兰 |
| 责任印制 | 宋克学 |

目 录

| | |
|-------------------------|----|
| 绪论 | 1 |
| 第1章 直流电路 | 3 |
| 1.1 电路的作用和组成 | 3 |
| 1.2 电路的状态 | 4 |
| (一) 通路 | 4 |
| (二) 开路 | 6 |
| (三) 短路 | 6 |
| 1.3 电路中的参考点 | 7 |
| 1.4 电路中的参考方向 | 8 |
| 1.5 理想电路元件 | 9 |
| (一) 理想无源元件 | 9 |
| (二) 理想电源元件 | 10 |
| 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) | 14 |
| 1.7 支路电流法 | 16 |
| 1.8 叠加原理 | 18 |
| 1.9 等效电源定理 | 20 |
| (一) 戴维宁定理 | 21 |
| (二) 诺顿定理 | 23 |
| 1.10 非线性电阻电路 | 24 |
| 练习题 | 27 |
| 第2章 电路的暂态分析 | 32 |
| 2.1 暂态分析的基本概念 | 32 |
| (一) 稳态和暂态 | 32 |
| (二) 激励和响应 | 32 |
| 2.2 储能元件和换路定律 | 33 |
| (一) 电容 | 34 |
| (二) 电感 | 36 |
| (三) 换路定律 | 38 |

| | |
|---------------------------|-----------|
| 2.3 RC 电路的暂态分析 | 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 | 44 |
| 2.4 RL 电路的暂态分析 | 46 |
| (一) RL 电路的零输入响应 | 46 |
| (二) RL 电路的零状态响应 | 48 |
| (三) RL 电路的全响应 | 48 |
| 2.5 一阶电路暂态分析的三要素法 | 50 |
| 练习题 | 51 |
| 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 | 62 |
| (二) 纯电容电路 | 64 |
| (三) 纯电感电路 | 66 |
| 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 | 72 |
| 3.5 并联交流电路 | 74 |
| 3.6 交流电路的功率 | 75 |
| 3.7 电路的功率因数 | 79 |
| 3.8 电路中的谐振 | 82 |
| (一) 串联谐振 | 82 |
| (二) 并联谐振 | 84 |
| 3.9 非正弦周期信号电路 | 85 |
| (一) 谐波分析的概念 | 85 |
| (二) 非正弦周期信号电路 | 86 |
| 练习题 | 89 |
| 第4章 供电与用电 | 94 |
| 4.1 三相电源 | 94 |
| (一) 三相电源的星形联结 | 96 |

| | |
|--------------------------|------------|
| (二) 三相电源的三角形联结 | 97 |
| 4.2 三相负载 | 98 |
| (一) 三相负载的星形联结 | 99 |
| (二) 三相负载的三角形联结 | 101 |
| 4.3 三相功率 | 103 |
| * 4.4 电力系统 | 104 |
| 4.5 触电事故 | 106 |
| 4.6 触电防护 | 107 |
| (一) 安全电压 | 107 |
| (二) 保护接地和保护接零 | 108 |
| (三) 漏电开关 | 110 |
| 4.7 静电防护 | 111 |
| (一) 静电的形成 | 111 |
| (二) 静电的防护 | 112 |
| 4.8 电器防火和防爆 | 112 |
| 练习题 | 113 |
| 第5章 变压器 | 115 |
| 5.1 磁路 | 115 |
| (一) 磁场的基本物理量 | 115 |
| (二) 物质的磁性能 | 116 |
| (三) 磁路欧姆定律 | 118 |
| 5.2 铁心线圈电路 | 119 |
| (一) 直流铁心线圈电路 | 120 |
| (二) 交流铁心线圈电路 | 120 |
| 5.3 变压器的基本结构 | 123 |
| 5.4 变压器的工作原理 | 124 |
| (一) 电压变换 | 125 |
| (二) 电流变换 | 127 |
| (三) 阻抗变换 | 127 |
| (四) 功率关系 | 128 |
| * 5.5 自耦变压器和三绕组变压器 | 129 |
| (一) 自耦变压器 | 130 |
| (二) 三绕组变压器 | 130 |
| 5.6 三相电压的变换 | 131 |
| 5.7 绕组的极性 | 133 |
| 练习题 | 134 |

| | |
|-------------------------|-----|
| 第6章 电动机 | 136 |
| 6.1 三相异步电动机的基本结构 | 136 |
| (一) 主要部件 | 136 |
| (二) 外形结构 | 139 |
| (三) 安装结构 | 141 |
| 6.2 三相异步电动机的工作原理 | 141 |
| (一) 旋转磁场 | 142 |
| (二) 工作原理 | 144 |
| (三) 功率关系 | 146 |
| 6.3 三相异步电动机的机械特性 | 147 |
| (一) 固有特性 | 147 |
| (二) 人为特性 | 149 |
| 6.4 三相异步电动机的铭牌数据 | 151 |
| 6.5 三相异步电动机的起动 | 153 |
| (一) 笼式异步电动机的起动 | 153 |
| (二) 绕线式异步电动机的起动 | 157 |
| 6.6 三相异步电动机的调速 | 158 |
| 6.7 单相异步电动机 | 160 |
| (一) 脉振磁场 | 160 |
| (二) 工作原理 | 161 |
| (三) 起动方法 | 162 |
| * 6.8 交流伺服电动机 | 163 |
| * 6.9 步进电动机 | 164 |
| * 6.10 三相同步电动机 | 166 |
| * 6.11 直流电动机 | 167 |
| * 6.12 电动机的选择 | 170 |
| 练习题 | 171 |
| 第7章 电气自动控制 | 173 |
| 7.1 手动控制 | 173 |
| (一) 刀开关 | 173 |
| * (二) 组合开关 | 174 |
| (三) 熔断器 | 174 |
| (四) 断路器 | 176 |
| 7.2 起停自动控制 | 177 |
| (一) 按钮 | 177 |
| (二) 交流接触器 | 177 |

| | |
|------------------------|------------|
| (三) 热继电器 | 180 |
| * (四) 中间继电器 | 182 |
| (五) 控制电路 | 182 |
| 7.3 正反转控制 | 185 |
| 7.4 顺序联锁控制 | 187 |
| 7.5 行程控制 | 188 |
| (一) 行程开关 | 188 |
| (二) 控制电路 | 189 |
| 7.6 时间控制 | 190 |
| (一) 时间继电器 | 190 |
| (二) 控制电路 | 191 |
| 7.7 可编程控制器 | 192 |
| (一) 等效电路 | 192 |
| (二) 梯形图 | 194 |
| (三) 语句表 | 195 |
| 练习题 | 199 |
| 第8章 半导体器件 | 203 |
| 8.1 半导体的基础知识 | 203 |
| (一) 本征半导体 | 203 |
| (二) 杂质半导体 | 203 |
| (三) PN结 | 204 |
| 8.2 半导体二极管 | 205 |
| (一) 基本结构 | 205 |
| (二) 伏安特性 | 206 |
| (三) 主要参数 | 207 |
| (四) 整流电路 | 209 |
| 8.3 特殊二极管 | 213 |
| (一) 稳压二极管 | 213 |
| * (二) 光电二极管 | 214 |
| * (三) 发光二极管 | 214 |
| 8.4 集成稳压器 | 215 |
| 8.5 双极型晶体管 | 216 |
| (一) 基本结构 | 216 |
| (二) 工作状态 | 217 |
| (三) 特性曲线 | 221 |
| (四) 主要参数 | 222 |
| 8.6 场效应晶体管 | 224 |

| | |
|---------------------------|------------|
| (一) 基本结构 | 224 |
| (二) 工作原理 | 225 |
| (三) 特性曲线 | 226 |
| * (四) VMOS 功率场效应管 | 227 |
| 8.7 集成电路 | 228 |
| 8.8 晶闸管 | 229 |
| (一) 普通晶闸管 | 229 |
| * (二) 双向晶闸管 | 232 |
| * (三) 可关断晶闸管 | 232 |
| 练习题 | 233 |
| 第9章 基本放大电路 | 237 |
| 9.1 放大电路的工作原理 | 237 |
| 9.2 放大电路的静态分析 | 240 |
| (一) 静态工作点的确定 | 240 |
| (二) 静态工作点的影响 | 241 |
| 9.3 放大电路的动态分析 | 242 |
| (一) 放大电路的主要性能指标 | 242 |
| (二) 放大电路的微变等效电路 | 245 |
| 9.4 共射放大电路 | 248 |
| (一) 电路组成 | 248 |
| (二) 静态分析 | 249 |
| (三) 动态分析 | 250 |
| 9.5 共集放大电路 | 252 |
| 9.6 共基放大电路 | 253 |
| 9.7 共源放大电路 | 254 |
| (一) 增强型 MOS 管共源放大电路 | 254 |
| (二) 耗尽型 MOS 管共源放大电路 | 256 |
| * 9.8 有源负载放大电路 | 256 |
| 9.9 多级放大电路 | 258 |
| 9.10 差分放大电路 | 260 |
| (一) 工作原理 | 260 |
| (二) 输入和输出方式 | 263 |
| 9.11 互补对称放大电路 | 266 |
| (一) 乙类放大互补对称电路 | 267 |
| (二) 甲乙类放大互补对称电路 | 267 |
| 练习题 | 268 |

| | |
|------------------------------|-----|
| 第 10 章 集成运算放大器 | 272 |
| 10.1 集成运算放大器概述 | 272 |
| (一) 集成运算放大器的组成 | 272 |
| (二) 电压传输特性 | 273 |
| 10.2 反馈的基本概念 | 274 |
| (一) 反馈的分类 | 275 |
| (二) 反馈的判断 | 275 |
| 10.3 负反馈对放大电路性能的改善 | 277 |
| 10.4 理想运算放大器 | 279 |
| 10.5 基本运算电路 | 281 |
| (一) 比例运算电路 | 281 |
| (二) 加法运算电路 | 283 |
| (三) 减法运算电路 | 284 |
| (四) 微分运算电路 | 285 |
| (五) 积分运算电路 | 286 |
| 10.6 电压比较器 | 288 |
| (一) 基本电压比较器 | 288 |
| (二) 迟滞电压比较器 | 290 |
| 10.7 <i>RC</i> 正弦波振荡电路 | 291 |
| (一) 自励振荡 | 291 |
| (二) 起振过程 | 292 |
| (三) 选频网络 | 292 |
| (四) 振荡电路 | 294 |
| 练习题 | 294 |
| 第 11 章 组合逻辑电路 | 301 |
| 11.1 集成基本门电路 | 301 |
| (一) 或门电路 | 301 |
| (二) 与门电路 | 303 |
| (三) 非门电路 | 303 |
| 11.2 集成复合门电路 | 304 |
| (一) 或非门电路 | 305 |
| (二) 与非门电路 | 306 |
| (三) 三态与非门 | 307 |
| 11.3 组合逻辑电路的分析 | 308 |
| 11.4 组合逻辑电路的设计 | 312 |
| (一) 半加器 | 312 |
| (二) 全加器 | 313 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| 11.5 编码器 | 315 |
| 11.6 译码器 | 317 |
| (一) 二进制译码器 | 318 |
| (二) 显示译码器 | 319 |
| * 11.7 通用阵列逻辑 | 320 |
| 练习题 | 323 |
| 第12章 时序逻辑电路 | 328 |
| 12.1 基本双稳态触发器 | 328 |
| 12.2 钟控双稳态触发器 | 330 |
| (一) $R-S$ 触发器 | 331 |
| (二) $J-K$ 触发器 | 335 |
| (三) D 触发器 | 338 |
| (四) T 触发器 | 340 |
| 12.3 寄存器 | 343 |
| (一) 数码寄存器 | 344 |
| (二) 移位寄存器 | 345 |
| 12.4 计数器 | 347 |
| (一) 二进制计数器 | 347 |
| (二) 十进制计数器 | 349 |
| 12.5 集成定时器 | 351 |
| (一) 555 集成定时器 | 351 |
| (二) 单稳态触发器 | 353 |
| (三) 无稳态触发器 | 356 |
| 练习题 | 358 |
| 第13章 模拟信号与数字信号的相互转换 | 364 |
| 13.1 数模转换器 | 364 |
| 13.2 模数转换器 | 368 |
| 13.3 数字电路的应用举例 | 370 |
| (一) 数字钟 | 370 |
| (二) 数字转速表 | 371 |
| 练习题 | 372 |
| * 第14章 现代通信技术 | 373 |
| 14.1 现代通信技术概述 | 373 |
| (一) 无线通信方式 | 373 |
| (二) 电磁波的传播 | 374 |
| (三) 调制和解调 | 376 |

| | |
|--------------------------------|-----|
| 14.2 移动通信 | 379 |
| (一) 公众移动电话系统 | 379 |
| (二) 无绳电话系统 | 380 |
| (三) 无线寻呼系统 | 382 |
| (四) 专用移动通信系统 | 383 |
| (五) 无中心个人移动通信系统 | 383 |
| 14.3 卫星通信 | 384 |
| 14.4 光纤通信 | 386 |
| 练习题 | 388 |
| 附录 | 389 |
| 附录 I 电阻器、电容器的标称系列值 | 389 |
| 附录 II 国产半导体器件型号命名法 | 390 |
| 附录 III 小电流低电压硅整流二极管 | 390 |
| 附录 IV 2CW 系列稳压管部分型号和主要参数 | 391 |
| 附录 V 国标半导体集成电路型号命名方法 | 392 |
| 附录 VI 部分集成运算放大器主要技术指标 | 392 |
| 附录 VII 部分数字集成电路外引线排列图 | 393 |
| 部分练习题答案 | 396 |
| 主要参考文献 | 402 |
| 索引(中英名词对照) | 403 |

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)”,是为高等学校非电专业设置的技术基础课。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,为学习后续课程以及从事与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,至今已经历了二个世纪。电工技术和电子技术理论上和技术上都取得了迅速的发展,电的应用已遍及所有部门,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。

电工学是一门技术基础课,课程的主要内容和重点应放在基本知识、基本理论和基本技能上。同时,学习时要注意各个部分的特点。例如,电路理论的研究对象不是具体的电路实体,而是由各种电路实体抽象出来的电路模型。是研究电路分析和计算的普遍规律,较多地强调了它们的共性。在学习中,需要从共性中去发现它们的特性,要注意理论的严密和计算的精确。又如电机、电器和电子技术部分则是讨论各种不同特性的常用电机、电器和电子器件,以及由它们组成的用以完成各种不同功能的电路实体。叙述中较多地强调了它们的应用特性。在学习时,要注意从这些特性中去发现它们的共性,要注意工程近似的分析方法。电子技术中的管(电子器件)、路(电子电路)、用(实际应用)这三者的关系是:管、路、用结合,管为路用,以路为主。要把重点放在最基本的电路上。对于电子器件则重点在于了解它们的外部性能及如何用于电路中,对分立电路和集