



高等院校“十二五”规划教材

电工电子技术

DIANGONG DIANZI
JISHU

◎谢国民 单亚锋 主编

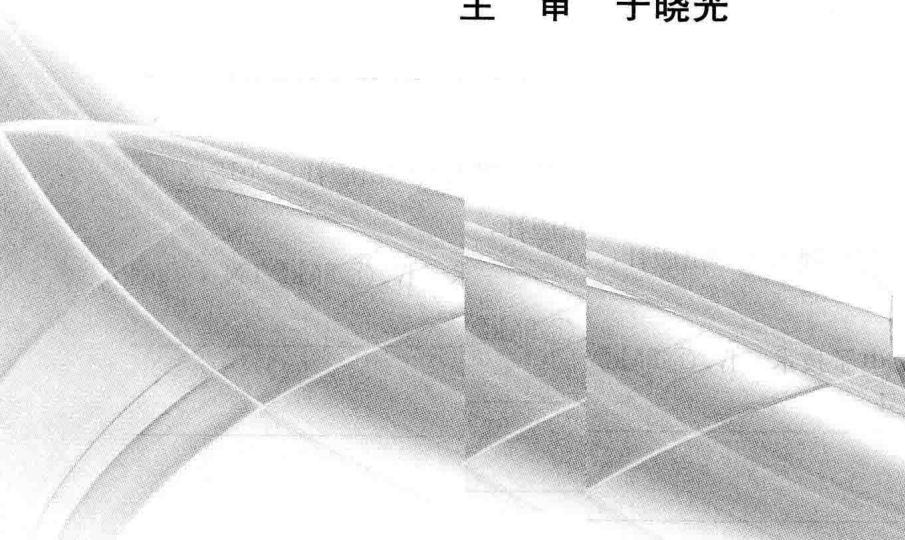


 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等院校“十二五”规划教材

电工电子技术

主 编 谢国民 单亚锋
副主编 李 季 时 光
主 审 于晓光



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是依照《关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》文件和“卓越工程师教育培养计划”的精神要求,针对机械电子工程等非电类本科专业教学要求编写的。本书涵盖了电工电子技术的基本理论、基本知识,遵循“深入浅出,夯实基础,面向应用,注重创新”的原则,着力为后续专业课程学习奠定电学基础。

全书共 17 章,内容包括:直流电路、动态电路的暂态分析、正弦交流电路、三相交流电路、半导体器件、基本放大电路、放大电路中的反馈、集成运算放大器、直流稳压电源、数字电路的基础知识、组合逻辑电路、时序逻辑电路、电磁理论与变压器、异步电动机、常用低压电器、可编程控制器和工业企业供电与安全用电等。各章均配备例题和习题,辅助学生掌握重点知识内容。本书注重科学性、基础性、应用性,通过学习使非电类学生掌握电学基本概念、基本原理,在继续学习和实践中具备一定分析和解决问题的能力。

本书可作为高等学校非电专业的教材,也可以为从事其他非电类工程技术人员提供参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术/谢国民,单亚锋等主编. —北京:北京理工大学出版社,2015.8
ISBN 978—7—5682—0808—6

I. ①电… II. ①谢…②单… III. ①电工技术②电子技术 IV. ①TM②TN
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 143861 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米×1 092 毫米 1/16

印 张 / 19.5

字 数 / 455 千字

版 次 / 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 50.00 元

责任编辑 / 陈莉华

文案编辑 / 陈莉华

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

编委会名单

主任委员：毛 君 何卫东 苏东海

副主任委员：于晓光 单 鹏 曾 红 黄树涛

舒启林 回 丽 王学俊 付广艳

刘 峰 张 珂

委 员：肖 阳 刘树伟 魏永合 董浩存

赵立杰 张 强

秘 书 长：毛 君

副 秘 书 长：回 丽 舒启林 张 强

机械设计与制造专业方向分委员会主任：毛 君

机械电子工程专业方向分委员会主任：于晓光

车辆工程专业方向分委员会主任：单 鹏

编写说明

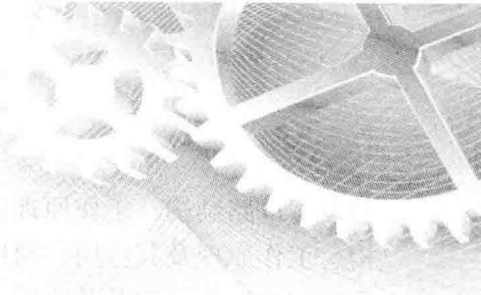
根据教育部教高〔2011〕5号《关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》文件和“卓越工程师教育培养计划”的精神要求,为全面推进高等教育理工院校“质量工程”的实施,将教学改革的成果和教学实践的积累体现到教材建设和教学资源统合的实际工作中去,以满足不断深化的教学改革的需要,更好地为学校教学改革、人才培养与课程建设服务,确保高质量教材进课堂。为此,由辽宁工程技术大学机械工程学院、沈阳工业大学机械工程学院、大连交通大学机械工程学院、大连工业大学机械与自动化学院、辽宁科技大学机械与自动化学院、辽宁工业大学机械与自动化学院、辽宁工业大学汽车与交通工程学院、辽宁石油化工大学机械工程学院、沈阳航空航天大学机电工程学院、沈阳化工大学机械工程学院、沈阳理工大学机械工程学院、沈阳理工大学汽车与交通学院、沈阳建筑大学交通与机械工程学院等辽宁省11所理工院校机械工程学科教学单位组建的专委会和编委会组织主导,经北京理工大学出版社、辽宁省11所理工院校机械工程学科专委会各位专家近两年的精心组织、工作准备和调研沟通,以创新、合作、融合、共赢、整合跨院校优质资源的工作方式,结合辽宁省11所理工院校对机械工程学科和课程教学理念、学科建设和体系搭建等研究建设成果,按照当今最新的教材理念和立体化教材开发技术,本着“整体规划、制作精品、分步实施、落实到位”的原则确定编写机械设计与制造、机械电子工程及车辆工程等机械工程学科课程体系教材。

本套丛书力求结构严谨、逻辑清晰、叙述详细、通俗易懂。全书有较多的例题,便于自学,同时注意尽量多给出一些应用实例。

本书可供高等院校理工科类各专业的学生使用,也可供广大教师、工程技术人员参考。

辽宁省11所理工院校机械工程学科建设及教材编写专委会和编委会

2015年6月



前言

Qianyan

本书是根据《“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》文件和“卓越工程师教育培养计划”的基本要求编写的，可作为高等工科院校非电专业本科少学时（100 学时以下）课程的教材。

在编写本教材时，考虑到目前国内教材中适用于本层次要求的教材不够理想，同时为适应目前学校创新型人才培养的需要，我们编写了这本教材。考虑到现代科学技术，特别是电子计算机技术正逐步进入工业各领域，我们加强了对数字电子技术和可编程控制器内容的讲述。考虑到课程的基础性和应用性，方便学生学习，书中对基本概念、基本理论、基本工作原理和基本分析方法都做了必要和适当的阐述。通过例题和习题等说明其理论和实际应用，为学习后续课程和专业知识，以及为从事工程技术和科研工作打下理论基础和实践基础。本书还引入了一些工程实例，介绍了一些常用的集成芯片。每章后都附有小结，便于学生自学。

全书共 17 章。第 1 章主要介绍直流电路，包括电路模型的建立和电路基本定律和电路的基本分析方法；第 2 章介绍了动态电路暂态分析的概念，以及暂态分析的几种形式及求解方法；第 3 章着重介绍正弦交流电路的基本概念及交流电的几种表示方法，交流电路中电压和电流的关系及电功率的计算，并对谐振现象及特征有一定的介绍；第 4 章介绍了三相交流电的产生与连接方式，描述了三相负载的星形连接与三角形连接以及三相电路的功率的求解方法；第 5 章介绍半导体的导电特性和半导体二极管、晶体管、场效应管的工作原理，并从使用的角度出发阐述半导体二极管、晶体管和场效应管的外部特性和主要参数；第 6 章介绍由分立元器件组成的几种常用的基本放大电路，用不同方法分析放大电路的工作原理，并通过指标参数对其性能进行评价，比较不同方法各自的特点，同时阐述了常用的基本放大电路的应用；第 7 章介绍了反馈概念、反馈类型判断，重点分析交流负反馈组态，计算引入不同组态反馈时电压放大倍数，分析引入反馈的工程意义；第 8 章介绍集成运算放大器的特点，并简述了集成运算放大器所构成的运算放大电路、信号处理电路及波形发生电路；第 9 章重点讨论了整流电路的原理，分析阐述了直流稳压电源的结构及各电路原理和参数计算；第 10 章主要介绍了数字电路的基本逻辑运算及逻辑运算法则，阐述逻辑函数的表示方法及化简方法，并简要介绍实现逻辑函数的两种门电路（TTL、COMS）的基本结构、工作原理及特性；第 11 章首先介绍组合逻辑电路的特点，重点讲授组合逻辑电路的分析方法和设计方法，然后介绍了几种常用的组合逻辑电路的工作原理和应用，最后探讨了组合逻辑电路中的竞争-冒险现象及判别、消除竞争-冒险现象的常用方法；第 12 章介绍了构成时序电路基本单元的

触发器电路结构、工作原理以及逻辑功能,以常用的 555 定时器为例,阐述了其电路结构、工作原理及其应用;简单介绍了时序逻辑电路的分析方法以及寄存器、计数器的电路结构、工作原理及其应用;第 13 章主要介绍了磁路的基本理论和磁路在很多电器设备(如变压器、电机)中的应用,而且重点阐述了变压器的基本原理与几种常见变压器;第 14 章主要介绍了三相异步电动机的基本结构及工作原理,分析了三相异步电动机的机械特性;总结了电机起动和调速过程的基本原理和方法,简述了工程实际中的应用;第 15 章主要介绍了常用低压电器的基本结构、工作原理及其选型和应用;第 16 章介绍了目前应用较多的可编程控制器 PLC 的发展历程以及在现代工业领域的重要作用,阐述了可编程控制器的各部分硬件结构和工作原理,简要介绍了可编程控制器的主要编程元件和指令,并以实例阐述梯形图的时序设计方法;第 17 章介绍了发电和输电的方式,简单对工业企业配电以及其配电线路进行说明,最后介绍了如何实现安全用电和节约用电。

本书在内容组织上,遵循“深入浅出,夯实基础,面向应用,注重创新”的方针,将电工电子技术基础理论做深入、全面分析和阐述,为学生打好理论基础;同时将电工、电子技术与工程实际相结合,培养学生从事工程技术的本领和科学研究能力。

本书由辽宁科技大学于晓光教授主审,电工理论与应用电子技术系的部分老师提出了宝贵意见,在此一并致谢。

本书由辽宁工程技术大学电控学院谢国民、单亚锋担任主编并进行统稿。第 1、3、4 章由时光编写,第 2、10、11、12 章由单亚锋编写,第 5、6、7、8、9 章由李季编写,第 13、14、15、16、17 章由谢国民编写。本书编写过程中参考了有关文献,在此对文献作者致以由衷的感谢。

由于编者水平所限,加之时间仓促,书中难免存在缺点和错误,恳请读者,特别是使用本书的教师和同学提出批评和改进意见,以便以后修订提高。

编 者
2015 年 6 月

第 1 章 直流电路	001
1.1 电路的基本概念	001
1.1.1 电路的组成和分类	001
1.1.2 理想元件和电路模型	002
1.1.3 电流、电压的参考方向	002
1.1.4 电功率的正负	004
1.1.5 电路的状态	005
1.1.6 电路中的电位	007
1.1.7 电能	009
1.2 电路的基本元件	009
1.2.1 独立电源元件	009
1.2.2 电阻、电感和电容元件	011
1.3 基尔霍夫定律	014
1.3.1 基尔霍夫电流定律(KCL)	014
1.3.2 基尔霍夫电压定律(KVL)	015
1.3.3 基尔霍夫定律的应用——支路电流法	017
1.4 电路的常用定理	018
1.4.1 叠加原理	018
1.4.2 等效电源定理	019
1.5 含受控源电路的分析	022
1.5.1 受控源的类型和符号	023
1.5.2 含受控源电路的分析	023
本章小结	026
习题	027
第 2 章 动态电路的暂态分析	031
2.1 电阻元件、电感元件和电容元件	031
2.1.1 电阻元件	031
2.1.2 电感元件	031
2.1.3 电容元件	032
2.2 动态电路换路及电压、电流的初始值	033

目 录

Contents

2.3 RC 电路的暂态分析	034
2.3.1 RC 电路的零输入响应	034
2.3.2 RC 电路的零状态响应	037
2.3.3 RC 电路的全响应	039
2.4 RL 电路的暂态分析	040
2.5 一阶电路求解的三要素法	041
本章小结	043
习题	044
第 3 章 正弦交流电路	047
3.1 正弦交流量	047
3.1.1 正弦交流量的基本概念	047
3.1.2 相位差	048
3.1.3 正弦量的相量表示法	049
3.2 交流电路的分析与计算	051
3.2.1 单一参数的交流电路	051
3.2.2 串联交流电路	054
3.2.3 串联谐振现象	055
3.3 RLC 并联电路及其谐振现象	056
3.3.1 电压与电流的关系	056
3.3.2 并联谐振现象	057
3.3.3 功率因数的提高	057
3.3.4 复杂交流电路的计算方法	059
本章小结	060
习题	061
第 4 章 三相交流电路	065
4.1 三相交流电的产生与连接	065
4.2 负载的星形(Y)连接	067
4.3 负载的三角形(Δ)连接	069

4.4 三相电路的功率	071
本章小结	072
习题	072
第5章 半导体器件	074
5.1 半导体的导电特性	074
5.1.1 本征半导体	074
5.1.2 杂质半导体	076
5.2 PN 结	077
5.2.1 PN 结的形成	077
5.2.2 PN 结的单向导电性	078
5.3 半导体二极管	079
5.3.1 基本结构	079
5.3.2 二极管的伏安特性	080
5.3.3 主要参数	080
5.3.4 稳压二极管	081
5.4 三极管	082
5.4.1 三极管的结构及类型	083
5.4.2 三极管的电流放大作用	083
5.4.3 三极管的特性曲线	084
5.4.4 三极管的主要参数	086
5.5 场效应管	087
5.5.1 概述	087
5.5.2 绝缘栅型场效应管	087
5.5.3 场效应管的主要参数	090
5.5.4 场效应管与三极管的比较	091
本章小结	091
习题	092
第6章 基本放大电路	095
6.1 基本放大电路的组成	095

目 录

Contents

6.2 放大电路的静态分析	096
6.2.1 用直流通路分析静态指标	096
6.2.2 用图解法分析静态指标	097
6.3 放大电路的动态分析	097
6.3.1 用微变等效电路法分析	098
6.3.2 用图解法分析	101
6.4 放大电路静态工作点的稳定	102
6.5 差分放大电路	104
6.5.1 静态分析	105
6.5.2 动态分析	106
6.6 功率放大电路	108
6.6.1 无输出电容的互补对称功率放大电路(OCL 电路)	108
6.6.2 无输出变压器的互补对称功率放大电路(OTL 电路)	109
本章小结	110
习题	110
第 7 章 放大电路中的反馈	113
7.1 反馈的基本概念及判断	113
7.1.1 负反馈与正反馈及判断方法	113
7.1.2 交流反馈与直流反馈及判断方法	114
7.2 交流负反馈的四种组态	114
7.3 负反馈对放大电路性能的影响	118
7.4 引入负反馈的一般原则	119
本章小结	119
习题	120
第 8 章 集成运算放大器	122
8.1 集成运放的基本组成	122
8.1.1 概述	122
8.1.2 集成运放的基本组成	123

8.2 集成运放的基本特性	123
8.2.1 集成运放的主要参数	123
8.2.2 集成运放的电路模型和电压传输特性	124
8.3 运算放大电路	125
8.3.1 比例运算电路	125
8.3.2 加减运算电路	127
8.3.3 积分运算电路和微分运算电路	129
8.4 集成运放在信号处理电路方面的应用	130
8.4.1 有源滤波器	130
8.4.2 电压比较器	132
8.5 波形发生电路	134
8.5.1 矩形波发生器	134
8.5.2 三角波发生电路	135
8.5.3 正弦波振荡电路	136
本章小结	137
习题	137
第9章 直流稳压电源	140
9.1 单相整流电路	140
9.1.1 单相半波整流电路	140
9.1.2 单相桥式整流电路	141
9.2 滤波电路	143
9.2.1 电容滤波器	143
9.2.2 电感电容滤波器	144
9.3 直流稳压电源	144
9.3.1 稳压管稳压电路	144
9.3.2 串联型稳压电路	145
9.3.3 集成三端稳压器	146
本章小结	147
习题	147



目 录

Contents

第 10 章 数字电路的基础知识	150
10.1 数制和码制	150
10.1.1 数制	150
10.1.2 码制	151
10.2 逻辑代数基础	152
10.2.1 基本逻辑关系	152
10.2.2 逻辑代数运算法则	154
10.2.3 逻辑函数的表示方法	155
10.2.4 逻辑函数的化简	157
10.3 门电路	161
10.3.1 分立元件门电路	161
10.3.2 TTL 门电路	163
10.3.3 CMOS 门电路	166
本章小结	167
习题	168
第 11 章 组合逻辑电路	171
11.1 概述	171
11.2 组合逻辑电路的分析和设计	171
11.2.1 组合逻辑电路的分析	171
11.2.2 组合逻辑电路的设计	173
11.3 常用的集成组合逻辑电路	174
11.3.1 编码器	175
11.3.2 译码器	178
11.3.3 数据选择器	182
11.3.4 加法器	184
11.3.5 数值比较器	186
11.4 组合逻辑电路中的竞争-冒险现象	187
本章小结	188
习题	189

第 12 章 时序逻辑电路	191
12.1 概述	191
12.2 触发器	191
12.2.1 基本 RS 触发器	192
12.2.2 同步 RS 触发器	193
12.2.3 JK 触发器	194
12.2.4 D 触发器	196
12.2.5 555 定时器组成的单稳态触发器和无稳态触发器	197
12.3 时序逻辑电路的分析方法	200
12.3.1 时序逻辑电路分析的一般步骤	200
12.3.2 寄存器	203
12.3.3 计数器	205
本章小结	210
习题	211
第 13 章 电磁理论与变压器	213
13.1 磁路理论的基本概念	213
13.1.1 磁路的概念	213
13.1.2 电磁理论的基本定律	213
13.2 常用铁磁材料的特性	216
13.2.1 铁磁材料的磁化	216
13.2.2 磁化曲线和磁滞回线	217
13.2.3 铁芯损耗	218
13.3 交流磁路及其特点	219
13.4 变压器	220
13.4.1 空心变压器	223
13.4.2 理想变压器	223
13.4.3 自耦变压器和仪用互感器	224
本章小结	225
习题	226



目 录

Contents

第 14 章 异步电动机	227
14.1 三相异步电动机的基本结构及基本工作原理	227
14.1.1 三相异步电动机的结构	227
14.1.2 三相异步电动机的基本工作原理	228
14.2 三相异步电动机的绕组及其感应电动势	231
14.2.1 异步电动机绕组的基本知识和概念	231
14.2.2 异步电动机绕组的电动势	235
14.3 三相异步电动机的功率与转矩	236
14.3.1 三相异步电动机的功率传递与损耗	236
14.3.2 三相异步电动机的电磁转矩与转矩平衡	238
14.4 三相异步电动机的起动和调速	239
本章小结	245
习题	245
第 15 章 常用低压电器	247
15.1 接触器	247
15.1.1 接触器的结构及其工作原理	247
15.1.2 常用接触器	248
15.2 继电器	250
15.2.1 热继电器	250
15.2.2 时间继电器	251
15.2.3 电磁式继电器	253
15.3 熔断器	255
15.4 断路器	256
15.4.1 断路器的结构及其工作原理	257
15.4.2 常用断路器	258
本章小结	259
习题	259

第 16 章 可编程控制器	261
16.1 PLC 概述及其工作原理	261
16.1.1 PLC 的硬件结构	261
16.1.2 PLC 的工作原理	265
16.2 PLC 的指令系统和编程元件	266
16.2.1 PLC 的指令系统	266
16.2.2 PLC 的编程元件	270
16.3 梯形图的时序设计方法	276
本章小结	280
习题	281
第 17 章 工业企业供电与安全用电	282
17.1 发电和输电概述	282
17.2 工业企业配电	284
17.3 安全用电	286
17.3.1 触电对人体的危害	286
17.3.2 触电方式	287
17.3.3 触电的预防	288
17.4 节约用电	290
本章小结	291
习题	291

第1章 直流电路

本章知识点

1. 电路模型的建立和常见电路元件。
2. 电流、电压参考方向的确定。
3. 电功率的计算。
4. 基尔霍夫电压、电流定律的应用。
5. 支路电流法和节点电压法的导出与举例。
6. 叠加原理的应用。
7. 理想电压源与理想电流源的特性及实际电源模型等效电路的建立。
8. 戴维宁和诺顿定理的应用。

1.1 电路的基本概念

1.1.1 电路的组成和分类

从日常生活和生产实践可以体会到,需要用电一般要用导线、开关等将电源和用电设备或用电器连接起来,构成一个电流流通的闭合路径,这就是所谓电路。实际电路是为完成某种预期目的而设计、安装、运行的,由电路元器件相互连接而成,具有传输电能、处理信号、测量、控制、计算等功能。电路模型是由理想电路元件取代每一个实际电路器件而构成的电路(如图1-2所示的手电筒电路模型)。理想电路元件是组成电路模型的最小单元,具有某种确定的电磁性质的假想元件。例如图1-1所示的手电筒电路中,电池把化学能转换成电能供给灯泡,灯泡能够把电能转换成光能作照明之用。凡是将化学能、机械能等非电能转换成电能的供电设备,称为电源,如干电池、蓄电池和发电机等;凡是将电能转换成热能、光能、机械能等非电能的用电设备,称为负载,如电热炉、白炽灯和电动机等;连接电源和负载的部分,称为中间环节,如导线、开关等。

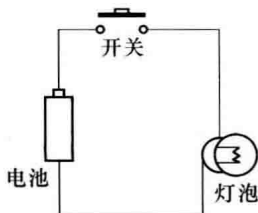


图 1-1 手电筒电路

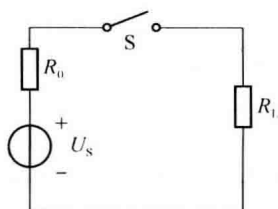


图 1-2 手电筒电路模型