



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电工电子技术

■ 陈新龙 胡国庆 编著



清华大学出版社

TM/44=2
2008



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电工电子技术

■ 陈新龙 胡国庆 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,继承了作者已出版的《电工电子技术(上、下)》(“十五”国家级规划教材)、《电工电子技术基础教程》的建设成果,编写时力图通俗易懂,大幅压缩了电工电子技术各基础理论,进一步强调了应用。全书共分为两篇:上篇为电工基础,内容包括电路、变压器、电动机及其控制;下篇为电子技术,内容包括模拟电子技术、数字电子技术。各章均备有较多的例题、习题、思考题,并对电路、数字电子技术嵌入了计算机仿真结果(程序或分析过程)。

本书及其配套资源构成了全立体化的电工电子技术教材,包括文字、电子两种形式。文字教材包括主教材(本书)、《电工电子实训教程》、《电工电子技术全程辅导》三本书;电子教材的公开教学网站(<http://dgdz.ccee.cqu.edu.cn>),有着比文字教材更丰富的内容,对读者在较短时间内理解并掌握本教材内容有较大帮助。

本书编写时参照了教育部最新制定的《高职高专教育电工电子技术课程教学基本要求》,可作为三年制机械类、计算机类及其他工程技术类相关专业《电工电子技术》课程教材,也可选作为本科少学时课程教材,还可供渴望快速学习电工电子技术的读者自学使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术/陈新龙,胡国庆编著. —北京:清华大学出版社,2008.7

ISBN 978-7-302-17171-3

I. 电… II. ①陈… ②胡… III. ①电工技术—高等学校—教材 ②电子技术—高等学校—教材 IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 029580 号

责任编辑:束传政 朱怀永

责任校对:袁 芳

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京国马印刷厂

装 订 者:三河市兴旺装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:22

字 数:485 千字

版 次:2008 年 7 月第 1 版

印 次:2008 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:024736-01

PREFACE

前言

回顾 20 世纪,电子的流动推动着电气化时代的兴旺与繁荣,发电机、

变压器、电动机及其控制成为该时代的典型生产力,电工技术成为推动国

民经济发展主要技术动力之一。半导体器件的出现赋予了电子的流动以新的内涵,半导体器件的应用使这种能量的流动成为一种信号的传递,一种超强功能的集成信息的传输。集成电路的问世引起了电子技术领域一场新的革命,超大规模集成电路的诞生推动着一个新的时代的来临。

在滚滚而来的硅片面前,对真主无比虔诚的伊拉克军队无法阻挡数字化师团的前进步伐。人们在惊叹的同时深深地意识到,信息技术、网络技术、多媒体技术正悄悄地影响着我们的观念,改变着我们的生活,一个全新的时代——信息化时代已经来临。在这个时代里,各种电气设备在各个领域中均扮演着重要角色甚至关键角色,发挥着越来越重要的作用,掌握电工电子技术的初步知识成为非电类高职高专各专业学生的基本技能要求。

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是作者编写的第 3 套电工电子技术课程教材,继承并发扬了作者已出版的《电工电子技术(上、下)》(“十五”国家级规划教材)、《电工电子技术基础教程》的建设成果,编写时力图通俗易懂,大幅压缩了电工电子技术各基础理论,进一步强调了应用。2008 年,本书及以上两本教材、公开教学网络共同构成的教学成果“电工电子层次化教学网络及其配套教材”获重庆大学教学成果一等奖。

全书共分为两篇:上篇为电工基础,内容包括电路、变压器、电动机及其控制;下篇为电子技术,内容包括模拟电子技术、数字电子技术。各章均备有较多的例题、习题、思考题,并对电路、数字电子技术嵌入了计算机仿真结果(程序或分析过程)。

必须指出的是,“电工电子技术”是一个理论性、专业性、应用性均较强的课程,所涉及的教学内容广,内容本身也较难掌握。因此,如何在规定的学时数内使学生掌握电工电子技术的初步知识,为非电类高职高专各专业学生在今后的学习和工作中更好地利用和发挥电器设备在工程中的作用打下坚实的基础成为教学实施的难点。

本书及其配套资源构成了全立体化的电工电子技术教材,包括文字、电子两种形式。文字教材包括主教材(本书)、《电工电子实训教程》、《电工电子技术全程辅导》三本书;教学内容分为三个层次——公共部分、非公共部分(标有“*”的小节)、扩展部分(编写在电子教材中)。

本书电子教材在公开教学网站 <http://dgdz.ccee.cqu.edu.cn> 上,曾获“第六届全国多媒体教育软件大奖赛”二等奖、“第五届全国多媒体课件大赛”优秀奖,有着比文字教材更丰富的内容,支持智能教学、顺序教学、查询教学、阶段复习、课余练习、网络自测等多种教学段,对读者在较短时间内理解并掌握本教材内容有较大帮助,可在较大程度上解决“电工电子技术”课程教学内容广、学时数相对不足的矛盾,非常有利于电工电子技术课程教学活动的开展。

本书文字教材的第1、3章及全书的计算机仿真由胡国庆整理编写,其余章节由陈新龙整理编写。在本教材的建设过程中,有许多老师及同学提出了宝贵的、建设性的意见与建议,并参与了本教材及电工电子技术远程网站建设的许多工作,在此谨表示感谢。

由于编者水平有限、见解不多,不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2007年10月

常用符号

1. 电工基础部分常用符号

符 号	描 述	符 号	描 述
B	磁感应强度、电纳	B_L	感纳
B_C	容纳	C	电容
E	电动势	F	磁通势
f	频率	f_0	谐振频率、半功率点频率
G	电导	H	磁场强度
I	直流电流、正弦电流有效值	i	交流电流
I_S	电流源短路电流	I_m	正弦电流幅值,复数取虚部
i_1, I_1	变压器初级电流	i_2, I_2	变压器次级电流
I_{1N}	变压器初级额定电流	I_{2N}	变压器次级额定电流
$\dot{I}, \dot{I}_m$	正弦电流有效值、最大值相量	I_L, I_P	线电流、相电流
L	电感	N_2	次级绕组匝数
N_1	初级绕组匝数	P	直流电路功率、正弦交流电路平均功率
P_E	电源产生功率	ΔP	电源内阻消耗功率
ΔP_{Fe}	变压器的铁损	ΔP_{Cu}	变压器的铜损
$p(t)$	瞬时功率	Q	无功功率、品质因数
Q_L	电感无功功率	Q_C	电容无功功率
R	电阻	R_m	磁阻
R_0 或 R_s	戴维宁等效电阻、电源内阻	R_L	负载电阻
S	面积、视在功率	S_N	变压器额定容量
T	周期	U_0, U_{OC}	开路电压
U	直流电压、正弦电压有效值	u	交流电压
U_S	电压源电压	U_m	正弦电压幅值
u_1, U_1	变压器初级电压	u_2, U_2	变压器次级电压
U_{1N}	变压器初级额定电压	U_{2N}	变压器次级额定电压
$\dot{U}, \dot{U}_m$	正弦电压有效值、最大值相量	U_L, U_P	三相电源线电压、相电压

续表

符 号	描 述	符 号	描 述
V	电位	$w(t)$	瞬时能量
W_C	电容元件平均储能	W	平均能量
W_L	电感元件平均储能	X	电抗
X_C	容抗	X_L	感抗
Y	导纳	Y	星形联接
Y_0	星形联接(中性点引出中线)	Z	阻抗
ω	角频率	ω_0	谐振角频率、半功率点角频率
φ	相位差、阻抗角	φ'	导纳角
θ	初相角	ψ	磁通量、磁链
$\varphi(\omega)$	相频特性函数	$ T(j\omega) $	幅频特性函数
ρ	特性阻抗	λ	功率因数
var	无功功率单位(乏)	Φ	磁通
τ	时间常数	μ	磁性材料磁导率
Δ	三角形联接	ϵ	绝对误差
∂	相对误差		

2. 电子技术部分常用符号

符 号	描 述	符 号	描 述
A	增益(放大倍数)	A_s	源增益
A_e	共模电压增益	A_d	差模电压增益
A_i	电流增益	A_g	互导增益
A_r	互阻增益	A_u, A_{us}	电压增益、源电压增益
A_{uo}	开环电压放大倍数	A_{uf}	闭环电压放大倍数
A_f	闭环放大倍数	E_{G0}	禁带宽度
F	反馈系数	g_m	低频跨导,体现了 Δu_{GS} 对 Δi_D 的控制作用
I_F	二极管最大整流电流、反馈电流信号	I_R	二极管反向电流
I_{D0}	增强型 MOS 管 $u_{GS} = 2U_{GS(th)}$ 时的 i_D	I_D	场效应管漏极电流、二极管电流
I_{DSS}	场效应管 $u_{GS} = 0$ 的漏极电流	$I_C(I_{CM})$	集电极(最大允许)电流

续表

符 号	描 述	符 号	描 述
I_{CQ}	集电极静态电流	I_{CS}	三极管集电极临界饱和电流
$I_B、I_E$	基极、发射极电流	$I_{BQ}、I_{EQ}$	基极、发射极静态电流
$I_{BS}、I_{ES}$	基极、发射极临界饱和电流	I_{CEO}	集电极与射极之间的反向截止电流(穿透电流)
I_{IO}	输入失调电流	I_{IB}	输入偏置电流
I_{CBO}	集电极与基极之间的反向截止电流	K_{CMRR}	共模抑制比
K_{CMR}	共模抑制比(对数形式)	P_{CM}	集电极最大允许耗散功率
P_{DM}	漏极最大允许耗散功率	r_D	二极管正向导通电阻
r_{be}	三极管输入电阻	r_{ce}	三极管输出电阻
R_i	放大电路输入电阻	R_o	放大电路输出电阻
R_{id}	差模输入电阻	R_{od}	差模输出电阻
r_{ds}	场效应管输出电阻	R_B	三极管基极电阻
R_C	三极管集电极电阻	R_E	三极管发射极电阻
R_G	场效应管栅极电阻	R_D	场效应管漏极电阻
R_S	场效应管源极电阻、信号源内阻	R_f	反馈电阻
R_{RP}	可调电位器	U_{ON}	二极管正向导通压降
$U_D(u_D)$	二极管压降	$U_{(BR)}$	PN 结反向击穿电压
U_R	二极管最大反向工作电压	u_T	温度电压当量
U_{CES}	三极管集电极、发射极间临界饱和电压	U_{CE}	三极管集电极、发射极间电压
U_{BE}	三极管发射结电压	U_{CB}	三极管集电结电压
U_{BB}	三极管基极直流电压源电压	U_{CC}	三极管集电极直流电压源电压
$U_{BE(ON)}$	三极管发射结导通压降	U_Z	稳压管稳定电压
U_{GS}	场效应管栅—源极间电压	U_{DS}	场效应管漏—源极间电压
$U_{GS(th)}$	开启电压	$U_{GS(off)}$	夹断电压
$u_{id}、u_{od}$	共模输入、输出电压	$u_{ic}、u_{oc}$	共模输入、输出电压
U_{ICM}	集成运放共模输入电压范围	U_{DD}	场效应管漏极直流电压源电压
U_{GD}	场效应管栅—漏极间电压	u_-	集成运放反相端电位
u_+	同相端电位	U_{IO}	集成运放输入失调电压
U_{opp}	集成运放最大输出电压	u_f	反馈电压信号
$\beta、h_{fe}$	三极管电流放大系数	α	共基交流电流放大系数
$\bar{\beta}$	共射直流电流放大系数	$\bar{\alpha}$	共基直流电流放大系数
D	二极管	D_Z	稳压二极管

CONTENTS

目 录

上篇 电工基础

第 1 章 直流电路分析

1.1 电路的组成及其模型

1.1.1 电路的组成

1.1.2 电路模型

1.1.3 电路的基本物理量——电压和电流

思考题

1.2 组成直流电路元件的定义约束与联接约束

1.2.1 电阻元件及其约束

1.2.2 电源元件及其约束

1.2.3 元件相互联接的回路约束

1.2.4 元件相互联接的结点约束

思考题

1.3 电阻元件的联接方法及其特点

1.3.1 电阻元件的串联联接

1.3.2 电阻元件的并联联接

1.3.3 通过合并串并联电阻简化电路

1.3.4 电阻元件的其他联接形式

思考题

1.4 电源元件及其应用

1.4.1 实际电源的电压源模型

1.4.2 实际电源的电流源模型

1.4.3 开路与短路

1.4.4 额定值与实际值

1.4.5 电源元件相互联接的特点

* 1.4.6 实际电源两种模型的转换及其应用

* 1.4.7 受控电源

思考题

1.5 电路分析基本方法——支路电流法与结点电压法	23
1.5.1 支路电流法	24
1.5.2 结点电压法	24
1.5.3 电位的引入	26
思考题	27
1.6 电路定理	28
1.6.1 叠加定理	28
1.6.2 戴维宁定理	29
习题	32
第2章 正弦交流电路	37
2.1 正弦量及其相量表示	37
2.1.1 正弦量的三要素	37
2.1.2 两个同频率正弦量的相位差	40
2.1.3 正弦量的相量表示	41
思考题	44
2.2 三种基本元件及其交流特性	44
2.2.1 电阻元件	45
2.2.2 电容元件	46
2.2.3 电感元件	47
* 2.2.4 含有动态元件直流电路的暂态特性	49
思考题	51
2.3 三种基本元件的相量模型	51
2.3.1 电阻元件的相量模型	51
2.3.2 电容元件的相量模型	52
2.3.3 电感元件的相量模型	54
2.3.4 利用相量模型分析正弦交流电路	55
思考题	56
2.4 RLC 串联电路	57
2.4.1 RLC 串联电路各元件的电压响应特点	57
* 2.4.2 RLC 串联电路中的功率分析	59
* 2.4.3 RLC 串联电路中的谐振问题	61
思考题	64
2.5 功率因数的提高	64
思考题	67
习题	67
第3章 三相电路及其应用	74
3.1 三相电压	74
3.1.1 三相电压的形式及其特点	74

3.1.2 三相绕组的联接方式	75
思考题	77
3.2 对称三相电路的特点	77
3.2.1 对称 Y-Y 联接三相电路的特点	77
3.2.2 对称 Δ - Δ 联接三相电路的特点	79
3.2.3 对称三相电路的平均功率	80
思考题	80
* 3.3 三相电路的计算	81
思考题	84
3.4 发电、输电及工业、企业配电	84
3.4.1 发电与输电概述	84
3.4.2 工业、企业配电的基本知识	85
思考题	86
3.5 安全用电	86
3.5.1 触电	86
3.5.2 接地	87
3.5.3 保护接零	88
思考题	89
习题	89
第 4 章 变压器	92
4.1 磁路的概念及其简单计算	92
4.1.1 磁路及其相关的几个概念	92
* 4.1.2 磁路的计算	94
思考题	94
4.2 变压器的工作原理及特性	95
4.2.1 理想变压器	95
4.2.2 实际变压器	96
4.2.3 变压器的额定值、外特性及效率	97
思考题	100
4.3 变压器绕组的极性及其联接	100
4.3.1 变压器绕组的极性	100
4.3.2 变压器绕组的联接	101
思考题	102
4.4 三相变压器和特殊变压器	102
4.4.1 三相变压器	102
4.4.2 特殊用途变压器	103
思考题	105
习题	105

第5章 三相异步电动机的原理及其应用	108
5.1 感应电动机	108
5.1.1 感应电动机的运转原理	108
5.1.2 旋转磁场的产生	109
5.1.3 电动机的分类	110
思考题	110
5.2 三相异步电动机的结构、主要特性及铭牌数据	111
5.2.1 三相异步电动机的结构	111
5.2.2 三相异步电动机的主要特性	112
5.2.3 三相异步电动机转矩计算的实用公式	118
5.2.4 三相异步电动机的铭牌数据	119
思考题	120
5.3 三相异步电动机的使用	120
5.3.1 三相异步电动机的启动	120
5.3.2 三相异步电动机的调速	125
5.3.3 三相异步电动机的制动	127
思考题	128
5.4 三相异步电动机的控制	128
5.4.1 常用控制电器	128
5.4.2 顺序控制的基本电路	131
5.4.3 三相异步电动机的常见控制电路	135
5.4.4 三相异步电动机的 PLC 控制系统简介	139
思考题	144
习题	144

下篇 电子技术

第6章 放大器基础	153
6.1 半导体二极管及其模型	153
6.1.1 什么是 PN 结	153
6.1.2 PN 结的伏安特性	154
6.1.3 二极管的伏安特性及其主要参数	155
6.1.4 二极管的简化电路模型	156
6.1.5 二极管的应用	157
6.1.6 晶闸管	157
思考题	158
6.2 半导体三极管及其模型	159
6.2.1 三极管的电流控制特性	159
6.2.2 三极管的伏安特性	160

6.2.3	三极管的主要参数	161
6.2.4	三极管电路模型	162
6.2.5	三极管电路的分析方法	163
思考题		167
6.3	用三极管构成小信号放大器的一般原则	167
6.3.1	小信号放大器的一般结构	167
6.3.2	放大器的基本性能指标	167
6.3.3	基本放大器的工作原理及组成原则	169
思考题		170
6.4	放大器的 3 种组态及其典型电路	170
6.4.1	放大器 3 种组态的基本电路	170
6.4.2	放大器 3 种组态的典型电路	171
6.5	场效应管放大电路	174
6.5.1	场效应管的种类	174
6.5.2	场效应管的特性	174
6.5.3	场效应管的主要参数	176
6.5.4	场效应管的模型	177
6.5.5	场效应管放大器的构成	179
6.5.6	自给偏压放大电路	179
6.5.7	分压式偏置电路	181
思考题		182
习题		182
第 7 章	集成运算放大器及其他模拟集成电路	188
7.1	集成运算放大器简介	188
7.1.1	集成运算放大器的组成框图	188
7.1.2	集成运算放大器的符号、类型及主要参数	190
7.1.3	集成运算放大器的理想化条件	191
7.1.4	什么是反馈	192
7.1.5	集成运放的两种工作状态及相应结论	193
思考题		194
7.2	用集成运放构成放大电路	195
思考题		198
7.3	用集成运放构成信号运算电路	199
7.3.1	用集成运放实现信号的加、减	199
7.3.2	用集成运放实现信号的微分与积分	200
* 7.3.3	其他常用集成运算放大器应用电路	203
思考题		206
7.4	运放电路中的负反馈	210
思考题		210

7.5	其他常用模拟集成电路	210
7.5.1	音频放大器	211
7.5.2	模拟乘法器	211
7.5.3	三端稳压器	211
	习题	215
第8章	门电路和组合逻辑电路	221
8.1	逻辑代数基础知识	221
8.1.1	概述	221
8.1.2	基本逻辑运算	225
8.1.3	导出逻辑运算	226
8.1.4	集成逻辑门电路	228
8.1.5	逻辑代数的公理、公式	231
8.1.6	逻辑函数的最小项表达式	232
8.1.7	逻辑函数的化简	233
*8.1.8	利用任意项化简逻辑函数	239
	思考题	240
8.2	组合逻辑电路的分析与设计	241
8.2.1	概述	241
8.2.2	组合逻辑电路的分析	241
*8.2.3	用小规模器件实现组合逻辑电路(SSI设计)	243
	思考题	244
8.3	常见中规模组合逻辑电路芯片原理及其应用	245
8.3.1	编码器	245
8.3.2	译码器	250
8.3.3	数据选择器	253
8.3.4	利用中规模器件实现组合逻辑电路(MSI设计)	255
	思考题	258
	习题	259
第9章	触发器和时序逻辑电路	265
9.1	触发器	265
9.1.1	什么是触发器	265
9.1.2	触发器的逻辑功能描述	266
9.1.3	常见触发器的逻辑功能	269
9.1.4	触发器的动作特点	271
	思考题	273
9.2	时序逻辑电路的分析	273

9.2.1 概述	273
9.2.2 时序电路的分析方法	275
思考题	278
9.3 寄存器与计数器的电路特点	279
9.3.1 寄存器	279
9.3.2 同步计数器	280
9.3.3 异步计数器	283
思考题	285
9.4 常用中规模时序逻辑电路芯片的特点及其应用	285
9.4.1 集成二进制同步计数器	285
9.4.2 集成二进制异步计数器	288
9.4.3 集成十进制同步计数器	289
9.4.4 集成十进制异步计数器	290
9.4.5 用中规模集成计数器实现 N 进制计数器	291
9.4.6 集成移位寄存器及其应用	294
思考题	297
9.5 555 定时器及其应用	297
思考题	302
9.6 大规模集成电路	302
9.6.1 数/模转换器	303
9.6.2 模/数转换器	304
9.6.3 存储器	305
9.6.4 用 ROM 实现组合逻辑电路	307
9.6.5 可编程逻辑器件	310
习题	311
附录 A 用 MATLAB 分析【例 2-1-2】并画出相量图	319
附录 B 常用导电材料的电阻率和温度系数	322
附录 C MAX+plus II 的简要说明	323
附录 D 【例 8-2-1】仿真实现	327
附录 E 部分习题、思考题答案	330
附录 F 本书中所介绍的芯片	331
主要参考书	335

上 篇

电 工 基 础

