



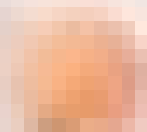
高职高专“十一五”规划教材
机电系列·电子信息类

电路基础

DIANLU JICHU

王玉宝	主 编
徐 红	白 健 副主编
毕卫红	主 审

国防科技大学出版社



清华大学出版社
TSINGHUA UNIVERSITY PRESS

电路基础

第2版

主编：王守志
副主编：王守志
编委：王守志



高职高专“十一五”规划教材

机电系列·电子信息类

电 路 基 础

	王玉宝	主 编
徐 红	白 健	副主编
	毕卫红	主 审

国防科技大学出版社

【内容简介】电路基础课程是电气和电子信息类专业基础理论的核心课程之一。本教材共分九章,主要包括电路和基尔霍夫定律、电阻电路及其分析方法、线性网络定理、动态电路的分析、谐振电路、正弦稳态电路的分析、互感现象及变压器、交流电路及分布参数电路与传输线等。

本教材按照理论联系实际、循序渐进的原则编写,便于学生自学和教师施教。叙述简单明了,概念清晰,并且配有大量的例题和实际应用,更加适合高职高专教学的特点。

本书可作为高职高专院校电子信息类及其相关专业电路理论课程的教材,也可供有关专业师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路基础/王玉宝主编. —长沙:国防科技大学出版社,2008.6

(高职高专“十一五”规划教材·机电系列)

ISBN 978-7-81099-505-4

I. 电… II. 王… III. 电路理论 IV. TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 062459 号

出版发行:国防科技大学出版社

电 话:(0731)4572640

网 址:<http://www.gfkdcbs.com>

责任编辑:唐卫葳 特约编辑:李斐然

印 刷 者:北京振兴源印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:13.75

字 数:320 千字

版 次:2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

定 价:23.00 元

高职高专“十一五”规划教材·机电系列

编审委员会

主 任 毕卫红 燕山大学信息学院

副 主 任 陈 旭 中科院半导体研究所

陈娟娟 清华大学信息科学技术学院

委 员 (以姓氏笔画为序)

王玉宝 白 健 刘玉良 刘国巍 刘黎明

孙 霞 李华龙 李 昕 李宝祥 辛元芳

张 卫 张 志 周 莉 周晓萍 赵苍荣

徐 红 郭来功 黄咏华 曹 成 龚 亮

梁 静 蒋亚萍 韩红梅 曾忠平

课程审定 唐立军 长沙理工大学物理与电子科学学院

内容审定 卢莹莹 清华大学信息科学技术学院

张文明 北京邮电大学电信工程学院

出版说明

高职高专教育作为我国高等教育的重要组成部分,承担着培养高素质技术、技能型人才的重任。近年来,在国家和社会的支持下,我国的高职高专教育取得了不小的成就,但随着我国经济的腾飞,高技能人才的缺乏越来越成为影响我国经济进一步快速健康发展的瓶颈。这一现状对于我国高职高专教育的改革和发展而言,既是挑战,更是机遇。

要加快高职高专教育改革的步伐,就必须对课程体系和教学模式等问题进行探索。在这个过程中,教材的建设与改革无疑起着至关重要的基础性作用,高质量的教材是培养高素质人才的保证。高职高专教材作为体现高职高专教育特色的知识载体和教学的基本工具,直接关系到高职高专教育能否为社会培养并输送符合要求的高技能人才。

为促进高职高专教育的发展,加强教材建设,教育部在《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中,提出了“重点建设好3 000种左右国家规划教材”的建议和要求,并对高职高专教材的修订提出了一定的标准。为了顺应当前我国高职高专教育的发展潮流,推动高职高专教材的建设,我们精心组织了一批具有丰富教学和科研经验的人员成立了高职高专“十一五”规划教材编审委员会。

编审委员会依据教育部高教司制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》,调研了百余所具有代表性的高等职业技术学院和高等专科学校,广泛而深入地了解高职高专的专业和课程设置,系统地研究了课程的体系结构,同时充分汲取各院校在探索培养应用型人才方面取得的成功经验,并在教材出版的各个环节设置专业的审定人员进行严格审查,从而确保了整套教材“突出行业需求,突出职业的核心能力”的特色。

本套教材的编写遵循以下原则:

- (1) 成立教材编审委员会,由编审委员会进行教材的规划与评审。
- (2) 按照人才培养方案以及教学大纲的需要,严格遵循高职高专院校各学科的专业规范,同时最大程度地体现高职高专教育的特点及时代发展的要求。因此,本套教材非常注重培养学生的实践技能,力避传统教材“全而深”的教学模式,将“教、学、做”有机地融为一体,在教给学生知识的同时,强化了对学生实际操作能力的培养。
- (3) 教材的定位更加强调“以就业为导向”,因此也更为科学。教育部对我国的高职高专教育提出了“以应用为目的,以必需、够用为度”的原则。根据这一原则,本套教材在编写过程中,力求从实际应用的需要出发,尽量减少枯燥、实用性不强的理论灌输,充分体现出“以行业为导向,以能力为本,以学生为中心”的风格,从而使本套教材更具实用性和前瞻性,与就业市场结合也更为紧密。

(4) 采用“以案例导入教学”的编写模式。本套教材力图突破陈旧的教育理念,在讲解的过程中,援引大量鲜明实用的案例进行分析,紧密结合实际,以达到编写实训教材的

目标。这些精心设计的案例不但可以方便教师授课,同时又可以启发学生思考,加快对学生实践能力的培养,改革人才的培养模式。

本套教材涵盖了公共基础课系列、计算机系列和机电系列的主要课程。目前已经规划的教材系列名称如下:

公共基础课系列

- 公共基础课

机电系列

- 机械类
- 数控类
- 电子信息类

计算机系列

- 计算机公共基础课
- 计算机专业基础课
- 计算机网络技术专业
- 计算机软件技术专业
- 计算机应用技术专业

对于教材出版及使用过程中遇到的各种问题,欢迎您通过电子邮件及时与我们取得联系(联系方式详见“教师服务登记表”)。同时,我们希望有更多经验丰富的教师加入到我们的行列当中,编写出更多符合高职高专教学需要的高质量教材,为我国的高职高专教育做出积极的贡献。

高职高专“十一五”规划教材编审委员会

前 言

电路基础是电工技术的一门基础课程,在电工技术的各个领域都有广泛的应用。因此,电路基础是电气和电子类专业基础理论的核心课程之一。本书以电路模型为研究对象,在阐述电路基本理论的基础上,结合高职高专教育的特点,突出了电路分析的实践应用,是面向高职高专电子信息类专业而编写的系列教材之一。

本书在编写过程中,对电路基本理论的阐述进行了精心设计,既突出了电路基础的“基础”这一主旨,又侧重实践应用,充分体现了理论与实践相结合的特点。在保证掌握必要的基本理论知识和基本技能的基础上,贯彻高职教学“以应用为目的,以必需、够用为度,掌握概念,强化应用”的原则,以跟上电子技术和高职教育的发展形势。

本书思路清晰,浅显易懂,注意内容的有机联系,避免内容分散。在编写方法上采用有选择的编写模式,强调实践和应用,精炼理论,更加适合高职高专的教学需要。

本书在内容编排上突出以下几点:

1. 在每章结束设有本章小结,对重要的知识点进行归纳比较,并配有适量有针对性的习题,便于练习巩固所学知识。为加强实践环节,结合各部分理论知识,编排有相应的实验放在网络上供选用,在内容上尽量淡化教学设备对实验的影响,注重对学生实际动手能力的培养。

2. 配有丰富的例题,例题设计侧重实践应用,多以实践中常见电路为例,既便于学生对概念定律的理解,又突出了实践。

3. 每章单独设立与该章知识相关的实践应用,突出了理论与实践相结合的特点,理论知识更加直观化。

4. 设置课后习题并配有相应答案,巩固所学知识,查漏补缺,同时也便于老师布置课后作业。

5. 注重立体化教材建设,通过教材、电子教案等教学资源的有机结合,合理利用网络资源,提高服务水平。

本书共分8章,由王玉宝任主编,徐红和白健任副主编。第1~5、7~8章由王玉宝编写,第6章由白健编写,实验部分由徐红编写。李宝详和刘黎明参加了本书的编写工作。

燕山大学信息科学与工程学院院长毕卫红教授在充分肯定本书编写基本思路的同时,对本书的编写提出了宝贵的意见和建议。梁静、韩红梅等参与了电路的绘制,在此对他们表示衷心感谢!

在本书的编写过程中参阅了很多著作,这些已列入本书的参考目录。在此向这些作者们表示由衷的感谢!

限于作者学识水平,本书缺陷和疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

本书常用符号表

		C	
C	电容	法拉	F
		F	
f	频率	赫兹	Hz
		G	
G	电导	西门子	S
G_{eq}	等效电导	西门子	S
G_s	内电导	西门子	S
g	控制系数	西门子	S
		I	
I	电流	安培	A
I_s	源电流	安培	A
i_{sc}	短路电流	安培	A
		J	
j	虚数单位		
		K	
k	耦合系数		
		L	
L	电感	亨利	H
		M	
M	互感系数	亨利	H
		P	
P	功率	瓦特	W
$\overline{P}$	平均功率	瓦特	W
		Q	
Q	品质因数		
q	电量	库伦	C
		R	
R	电阻	欧姆	Ω
R_{eq}	等效电阻	欧姆	Ω
R_s	电源内阻	欧姆	Ω
r	控制系数	欧姆	Ω
		T	
T	周期	秒	s

t	时间	秒	s
U			
U	电压	伏特	V
U_s	源电压	伏特	V
u_{oc}	开路电压	伏特	V
W			
W	功	焦耳	J
Z			
Z	阻抗		
其他			
ϕ	磁通	韦伯	Wb
φ	角度	弧度	rad
ω	角频率	弧度每秒	rad/s
μ	控制系数		
β	控制系数		
τ	时间常数	秒	s

目 录

第 1 章 电路和基尔霍夫定律	1
1.1 实际电路和电路模型化	1
1.1.1 实际电路	1
1.1.2 模型化电路	2
1.2 电路参量	3
1.2.1 电流及参考方向	3
1.2.2 电压及参考方向	4
1.2.3 电功率、电能	5
1.3 基尔霍夫定律	7
1.3.1 支路、结点和回路	8
1.3.2 基尔霍夫定律	9
1.3.3 基尔霍夫定律的应用举例	13
本章小结	15
习题 1	17
第 2 章 电阻电路及其分析方法	20
2.1 电路元件	20
2.1.1 电阻元件	20
2.1.2 电源元件	21
2.2 简单电阻电路分析	24
2.2.1 电阻的串联及分压原理	24
2.2.2 电阻的并联及分流原理	26
2.2.3 电阻的混联	28
2.3 电阻电路的等效变换	29
2.3.1 电阻的三角形、星形联接及等效变换	29
2.3.2 电压源与电流源电路的等效变换	32
2.3.3 电源供电及输出最大功率条件	35
2.4 简单的受控电源电路分析	35
2.4.1 受控电源	35
2.4.2 简单电路分析	36

2.5	线性网络电路及其分析方法	38
2.5.1	支路电流法	38
2.5.2	网孔电流法	39
2.5.3	结点电压法	42
2.6	实践应用	45
2.6.1	电路的工作状态	45
2.6.2	应用举例	46
	本章小结	50
	习题 2	51
第 3 章	线性网络定理	54
3.1	叠加定理	54
* 3.2	替代定理	57
3.3	二端口线性网络理论简介	57
3.4	戴维南定理和诺顿定理	58
3.5	最大功率传输定理	62
3.6	实践应用	63
	本章小结	65
	习题 3	65
第 4 章	动态电路的分析	68
4.1	一阶动态电路	68
4.1.1	电容元件	68
4.1.2	电感元件	69
4.1.3	换路定理及电路初始条件的确定	71
4.2	一阶电路的零输入响应	74
4.2.1	RC 电路的零输入响应	74
4.2.2	RL 电路的零输入响应	76
4.3	一阶电路的零状态响应	78
4.3.1	RC 电路的零状态响应	78
4.3.2	RL 电路的零状态响应	80
4.4	一阶电路的全响应	82
4.5	一阶电路的三要素公式	83
* 4.6	简单的二阶电路分析	85
4.6.1	RLC 电路的零输入响应	85
4.6.2	RLC 电路的零状态响应	87

本章小结	88
习题 4	89
第 5 章 正弦稳态电路的分析	92
5.1 正弦信号的特征参量	92
5.1.1 正弦信号及其波形	92
5.1.2 正弦信号的三个要素	92
5.1.3 相位差	94
5.2 正弦信号的相量表示	94
5.2.1 复数基本知识	94
5.2.2 正弦量的相量表示法	95
5.2.3 相量图	96
5.2.4 相量运算	96
5.3 电阻、电感和电容元件的电压与电流的相量关系	98
5.3.1 电阻元件的电压与电流的相量关系	98
5.3.2 电容元件的电压与电流的相量关系	99
5.3.3 电感元件的电压与电流的相量关系	99
5.4 正弦稳态电路定律的相量形式	101
5.4.1 VCR 的相量形式	101
5.4.2 KCL、KVL 的相量形式	102
5.5 正弦稳态电路的相量分析法	102
5.6 正弦稳态电路的功率	105
5.6.1 瞬时功率与平均功率	105
5.6.2 正弦稳态电路的功率	108
5.6.3 功率因数	109
5.7 实践应用	109
本章小结	111
习题 5	113
第 6 章 谐振电路	115
6.1 串联谐振	115
6.2 并联谐振	119
6.3 谐振电路的实践应用	122
本章小结	126
习题 6	126
第 7 章 互感现象及变压器	129
7.1 互 感	129

7.2	互感线圈的串、并联	131
7.2.1	两个互感线圈的串联	131
7.2.2	两个互感线圈的并联	133
7.3	理想变压器	135
7.4	实践应用	137
	本章小结	140
	习题 7	141
第 8 章	交流电路	143
8.1	正弦交流电	143
8.1.1	正弦交流电的产生	143
8.1.2	正弦交流电的相量表示	144
8.2	三相电源及联接	144
8.2.1	三相电源	144
8.2.2	三相电源的联接方式	146
8.3	三相电路负载的联接	148
8.3.1	三相负载星形联接	149
8.3.2	三相负载三角形联接	151
8.4	三相电路的功率及功率测量	153
8.4.1	三相电路的功率	153
8.4.2	三相电路功率测量	155
8.4.3	功率表测量原理简介	156
8.5	实践应用	157
	本章小结	160
	习题 8	161
第 9 章	分布参数电路与传输线	162
9.1	电路与电磁场	162
9.1.1	电路是在特定条件下对电磁场的简化表示	162
9.1.2	平行双导线电路分布参量	164
9.2	分布参数电路	165
9.2.1	传送信号频率与电路分布参量	165
9.2.2	分布参数电路模型	166
9.3	分布参数电路方程	167
9.4	传输线方程的正弦稳态解	168
9.4.1	正弦时变条件下均匀传输线方程的解	169
9.4.2	积分常数的确定	170

9.5 对传输线方程解的讨论	172
9.5.1 传输线上的人射波与反射波	172
9.5.2 传输线的元参数和副参数	174
9.5.3 均匀无损耗传输线	175
9.5.4 低频时的传输线	175
9.6 均匀无耗传输线的输入阻抗	175
9.7 终端接不同负载的传输线	177
9.7.1 终端接匹配负载	177
9.7.2 终端空载	178
9.7.3 终端短路	179
9.8 实践应用	181
本章小结	186
习题 9	187
部分习题答案	188
附 录	191
附录 A PSpice 简介	191
附录 B-1 复数的发展历史	193
附录 B-2 复数的代数运算	194
附录 C 复习、检查用题	196
参考文献	202

第 1 章 电路和基尔霍夫定律

本章从实际电路出发,阐述电路研究模型化的思想,结合电路模型对电路参量的约束关系进行讨论,介绍基尔霍夫定律,它是电路分析的理论基础。

1.1 实际电路和电路模型化

1.1.1 实际电路

通常,我们需要设计一些实际电路来实现某种特定功能,比如谐振电路、调制电路和放大电路等等。实际电路一般由电路器件和联接导线组成,它提供了电流流通的途径,具有传输电能、信号处理、计算和自动化控制等多个功能。有的电路非常简单,如小灯泡发光实验电路,如图 1.1 所示。

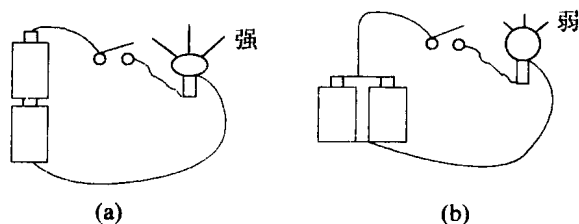


图 1.1 电源的串接与并接灯泡发光强弱比较

有的电路则很复杂,比如人们日常通信用的手机,虽然体积很小,但是它要完成信号产生、放大、调制、发送和接收等功能。一台手机处于接收状态时,基本原理图如图 1.2 所示,它由输入电路(天线)、检波电路、放大电路和扬声器等部分组成。手机的小型化得益于集成电路技术的发展,它的集成电路芯片体积很小,如图 1.3 所示。目前,超大规模集成电路的集成度越来越高,每平方厘米硅片上可容纳的元器件数目越来越多,成千上万个晶体管和器件联接在一起组成高度集成的电路系统,其电路非常复杂。

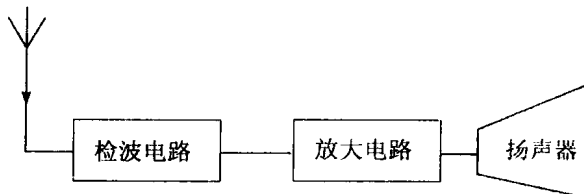


图 1.2 手机接收基本原理图

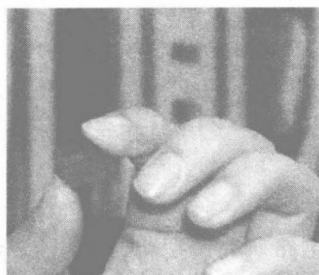


图 1.3 世界上第一枚 0.13 微米工艺的 TD-SCDMA 3G 手机基带芯片

在实际电路中,电能或电信号的发生器称为电源,用电设备称为负载。电源可以在电路中产生电压和电流,这个过程称为激励过程,因此电源也可以称为激励源。电源产生的激励通过电路变换,从电路中输出所需要的电压和电流,这个过程称为电路的响应过程。由激励而在电路中产生的电压和电流称为响应。考虑到激励对于电路来说是输入过程,而响应为输出过程,也可以把激励称为输入,把响应称为输出。电路的作用就是将激励(输入)处理成所要的响应(输出)。

从功和能的角度观察电路,可以看出,随着电流在电路中流通,电路完成了电能和其他形式的能(比如化学能、太阳能等)的转化以及电能的传输、分配和储存过程。例如,人造卫星和宇宙飞船上携带太阳能电池,可以作为激励源与其他用电设备组成电路,这时电路可以看成由电源、负载和联接导线三部分组成,电源将太阳能转化成电能供给电路,负载吸收电能,而联接导线负责电能的传输和分配。

1.1.2 模型化电路

一般来说,电路基础作为研究电路的基本理论,应该能够对各种各样的实际电路分析和设计提供指导作用,这就要求其在理论上具有可预知性。一个理论的建立,一般首先建立一个理论模型,这个模型应该能够反映事物的主要问题。根据这个模型得到的分析结果与实际测量进行比较,二者误差应在要求的范围之内。例如,计算一辆汽车的行驶距离,可以把汽车看作一个质点模型,而忽略汽车的大小形状。然而如果要分析汽车刹车时车轮的受力情况,就要考虑汽车的大小形状,才能得到比较好的结果。这个例子告诉我们模型的建立存在着前提条件的限制,要分清主次因素的影响,理论模型是否合理最终要接受实践的检验。

电路理论也是建立在理论模型基础之上的。模型建立时,首先应结合实际情况将实际电路中的电路元件分别进行模型化,然后将电路元件用模型来替代,从而得到电路模型。电路元件的模型化过程是电路模型化的关键。电路模型由模型化的电路元件联接而成,模型化的电路元件是构成电路模型的最小单元,它是在一定条件下抽象出来的足以反映实际元件电磁性质的理想器件。

在实际电路中,电源内部构成很复杂,完全搞清楚很难。但是考虑到电路模型一般主要用于计算电路中各个器件两端的电压、电流等,对于电源,我们往往考虑的是电源能够提供多大的电动势,而不考虑它的内部如何产生电动势。实际上,在电源内部存在电阻,而且电阻沿着整个电池分布。在电路模型中,我们把它抽象为一个电阻,电阻特性集总在一点上,我们把这种元件称为集总元件。这样我们可以把如图 1.1 所示的电源模型化为一个电压源 U_s 和一个电阻元件 R_s 串连。对于小灯泡,考虑到它是一个发热发光元件,主要特点是消耗电能,可以将它模型化为一个集总电阻元件。图 1.1 可以用图 1.4 所示的模型来代替。