

21世纪通识教育系列教材

21st Century Textbooks of General Education

# 电工与电路基础及应用

E

lectrician and Circuit Foundation and Its Application

主 编 © 杨小平

副主编 © 胡野红 李继红

 中国人民大学出版社

21世纪通识教育系列教材

21st Century Textbooks of General Education



# 电工与电路基础及应用

**E**lectrician and Circuit Foundation and  
...

主 编 © 杨小平

副主编 © 胡野红 李继红

中国人民大学出版社

· 北京 ·

**图书在版编目 (CIP) 数据**

电工与电路基础及应用/杨小平主编. —北京: 中国人民大学出版社, 2011. 3  
21 世纪通识教育系列教材  
ISBN 978-7-300-13428-4

I. ①电… II. ①杨… III. ①电工学-高等学校-教材②电路理论-高等学校-教材  
IV. ①TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 031292 号

21 世纪通识教育系列教材

**电工与电路基础及应用**

主 编 杨小平

副主编 胡野红 李继红

Diangong yu Dianlu Jichu ji Yingyong

---

出版发行	中国人民大学出版社	邮政编码	100080
社 址	北京中关村大街 31 号	电 话	010-62511398 (质管部)
电 话	010-62511242 (总编室)		010-62514148 (门市部)
	010-82501766 (邮购部)		010-62515275 (盗版举报)
	010-62515195 (发行公司)		
网 址	<a href="http://www.crup.com.cn">http://www.crup.com.cn</a> <a href="http://www.ttrnet.com">http://www.ttrnet.com</a> (人大教研网)		
经 销	新华书店		
印 刷	三河市汇鑫印务有限公司		
规 格	170 mm×240 mm 16 开本	版 次	2011 年 3 月第 1 版
印 张	23 插页 1	印 次	2011 年 3 月第 1 次印刷
字 数	386 000	定 价	38.00 元

---

**版权所有 侵权必究**

**印装差错 负责调换**

## · 出版说明 ·

随着信息时代的来临，经济全球化的深入与文化软实力竞争的加剧，重视大学生人文素养与创新能力的培养，提升大学生的综合素质，已成为各国教育改革与发展关注的重点和热点。人们越来越意识到：高等教育不仅要培养大学生良好的专业素质，更重要的是使得他们在走向社会之后拥有长足的自我拓展能力。只有以宽口径、厚基础、复合型为人才培养目标，才能更好地提高我国高等教育的质量，培育出适应现代社会需求的具备公民意识、社会责任感与创新精神的优秀人才。

从中外大学通识教育的实践来看，通识教育是一项系统工程，而课程体系建设始终是推进通识教育的核心任务，教材建设则又是其中的重要环节。为满足广大高校师生对高质量通识教育教材的需求，中国人民大学出版社组织多学科、多领域的专家学者，在广泛调研与深入研讨的基础上，组织编写了这套“21世纪通识教育系列教材”，为推动高等学校通识教育教材建设进行了努力和探索。

本套教材分为人文、政法、经管和理工四大板块，定位为非专业统开课教材，突出“通识”的特色，强调内容阐释的“基础”和“宽度”，力求突破单纯的“专业视域”或“知识视域”，引导学生调整知识结构，拓宽文化视野，以达成人才培养效果上的“宽度”，从而实现高等教育培养复合型人才的目标。

本套教材中的每一本均由该学科领域有影响力的专家学者领衔编写。通识教材的“基础”与“宽度”，需要特别重视教材纲目与内容的适用性、可拓展性和灵活性。唯有在该领域具有丰富教学经验及精深学术水准的名家，方能“取精用弘，由博返约”，编写出体现“通识”特色的高水平教材。

本套教材形式与内容和谐统一，教材内容基础适用，语言简洁生动，并辅以典型、有趣的案例、图表，轻松活泼的栏目和插图等，图文并茂，引人入胜，照顾到青年学生群体的阅读习惯。

>>> 电工与电路基础及应用.....

作为出版者，我们特别希望通过加强通识教育教材建设，推进高校课程体系的融会贯通，提高学生跨学科、跨文化的理解能力，为学生未来的职业生涯与人生发展奠定良好的知识和能力基础。这套通识教育系列教材只是开始，期望更多的专家学者共襄此事，推进通识教育教学的改革与发展。

中国人民大学出版社

## · 前 言 ·

当前,电子技术的高速发展,带来了高新技术的不断进步,包括计算机以及各种新型办公设备、家用电器的层出不穷,这使我们的工作和生活发生了巨大变化。掌握“电路与电子技术”的基本知识和基本技能不仅是当代人的所求,也是大学生必须完成的学习任务。

本书力图以通俗、简单的语言,采用由易到难、循序渐进的方式,将传统的一些课程如“电工学”、“电路”、“电工与电子”、“模拟电子技术”中的内容及实际应用重新梳理,配合“仿真实验”和“硬件实验”,使读者能够在较短的时间内利用这些基本知识,读懂常见电器设备的电路图,理解它们的工作原理,达到使用、维护电器设备和设计简单电路的目的,让这些知识更好地为我们的工作和生活服务。

本书第一篇介绍了直流电路、交流电路的基础知识以及电路常用的分析方法和应用。第二篇介绍了模拟电路的基础知识,包括晶体二极管和三极管电路的分析方法和应用。第三篇是实验,采用了计算机软件“仿真实验”和真实器件硬件实验虚实结合的实验方法,来验证理论知识。

本书增加了应用实例内容,例如在第三章“三相交流电路及应用”一章中,以常见的机房配电需求为题,详解了配电设计的过程,使读者掌握了这种配电路径设计的方法,以便在今后的工作和生活中,解决如住宅、企业工房、农场配电的问题。在第十章“电工与电子电路应用实例”一章中,以PC机内的AXT电源为例,把ATX电源的电路图按功能分解为模块进行定性分析,通过读电路图,分析各模块内器件的功能,使读者理解整个电路,懂得典型电路(如桥式整流、三极管放大电路的饱和工作状态、过压过流保护电路)在整个电路中如何发挥作用,明白ATX电源电路的工作原理,在实际工作中若遇到PC机故障,就可以轻松地进行维护和维修,给工作带来极大方便。通过这些实例,读者可以举一反三,利用这些知识和技能去解决工作和生活中出现的同类问题。

本书可以供计算机科学技术专业、计算机应用类等本专科学生作为教材使用，也适合理工科非电子类各专业本专科学生学习，也可供文科学生作为通识教材使用。

本书由杨小平主编，胡野红编写了主要章节，其中第五章“变压器”、第六章“电动机”由李继红编写，杨小平教授审阅了全稿。另外刘淑蓉、胡一冰为本书做了大量的辅助性工作，在此对他们给予的热情帮助和辛勤劳动表示衷心的感谢。

在本书一年多的编写过程中，尽管查阅了大量资料，对书稿中的内容进行了多次修正，但差错在所难免，请读者指正并谅解。

编者

2010年10月

# 目 录

---

## 第一篇 电路技术

### 第一章 直流电路

1.1	电路的组成和模型 .....	3
1.2	电路元件 .....	5
1.2.1	电源 .....	5
1.2.2	电压源 .....	5
1.2.3	电流源 .....	6
1.2.4	电池 .....	7
1.3	电路的基本物理量 .....	8
1.3.1	电流和电压的方向 .....	8
1.3.2	功率 .....	9
1.3.3	电位与电压 .....	9
1.4	电路的基本分析方法 .....	12
1.4.1	基尔霍夫定律 .....	12
1.4.2	结点电压法 .....	17
1.4.3	支路电流法 .....	19
1.4.4	叠加定理 .....	21
1.4.5	受控源 .....	22
1.5	等效电源定理 .....	25
1.5.1	戴维宁定理 .....	27



>>> 电工与电路基础及应用.....	
---------------------	--

1.5.2 诺顿定理 .....	30
本章小结 .....	32
习题一 .....	35

## 第二章 交流电路

2.1 正弦量 .....	39
2.1.1 频率与周期 .....	40
2.1.2 初相位和相位差 .....	41
2.1.3 幅值、有效值 .....	43
2.2 正弦量的相量表示法 .....	46
2.2.1 正弦量的复数表示 .....	46
2.2.2 基尔霍夫定律的相量形式 .....	51
2.3 三种理想元件的相量模型 .....	52
2.3.1 电阻元件的相量模型 .....	52
2.3.2 电感元件的相量模型 .....	53
2.3.3 电容元件的相量模型 .....	56
2.4 三种基本元件组成的正弦交流电路 .....	60
2.4.1 RLC 串联交流电路 .....	60
2.4.2 RLC 并联交流电路 .....	64
2.5 交流电路的频率特性 .....	70
2.5.1 低通滤波器 .....	70
2.5.2 高通滤波器 .....	72
2.6 谐振电路 .....	74
2.6.1 串联谐振电路 .....	75
2.6.2 并联谐振电路 .....	79
本章小结 .....	81
习题二 .....	84

## 第三章 三相交流电路及应用

3.1 三相交流电源 .....	87
3.2 三相交流电源的连接方式 .....	89
3.3 对称负载下三相交流电路的电压、电流和功率 .....	93

3.4	不对称三相负载交流电路 .....	99
3.5	安全用电 .....	101
3.5.1	触电 .....	101
3.5.2	用电安全及保护 .....	103
3.5.3	安全合理地使用家用电器 .....	106
3.6	输电及配电 .....	107
3.6.1	输电 .....	107
3.6.2	配电 .....	107
	本章小结 .....	113
	习题三 .....	114

#### 第四章 电路的过渡过程

4.1	电路的换路定则与初始值 .....	117
4.2	一阶 RC 电路的暂态分析 .....	120
4.2.1	一阶 RC 电路的零输入响应 .....	121
4.2.2	RC 电路的零状态响应 .....	123
4.2.3	RC 电路的全响应 .....	126
4.3	一阶 RL 电路的暂态分析 .....	129
4.3.1	一阶 RL 电路的零输入响应 .....	129
4.3.2	一阶 RL 电路的零状态响应与全响应 .....	132
4.4	一阶电路的三要素法 .....	134
4.5	二阶电路简介 .....	138
4.6	电路中暂态过程的利弊 .....	138
4.7	微分电路与积分电路 .....	139
4.7.1	微分电路 .....	139
4.7.2	积分电路 .....	140
	本章小结 .....	141
	习题四 .....	142

#### 第五章 变压器

5.1	变压器概述 .....	146
5.1.1	变压器的结构 .....	146

5.1.2	变压器的分类	148
5.1.3	变压器的铭牌	149
5.2	变压器的空载运行	151
5.2.1	变压器空载运行时的物理状况	151
5.2.2	各磁通量的关系	153
5.2.3	激磁阻抗和激磁方程	154
5.2.4	同名端	155
5.2.5	重要结论	155
5.3	变压器的负载运行	157
5.3.1	磁动势平衡	157
5.3.2	漏磁通和漏磁电抗	158
5.3.3	电压方程	159
5.4	变压器的基本方程式、等效电路	160
5.4.1	变压器的基本方程式	160
5.4.2	变压器的等效电路的绕组归算	161
5.5	其他种类变压器	164
5.5.1	三相变压器	165
5.5.2	自耦变压器	166
5.5.3	仪用互感器	167
5.6	变压器的选择和使用	169
5.6.1	变压器的选择	169
5.6.2	变压器使用中应注意的问题	170
	本章小结	171
	习题五	172

## 第六章 电动机

6.1	电动机分类	174
6.2	电动机的额定值	176
6.2.1	额定电压 $U_N$	176
6.2.2	额定电流 $I_N$	177
6.2.3	额定功率 $P_N$	177
6.2.4	额定转速 $n_N$ 、电源额定频率 $f_N$ 、 额定转矩 $T_N$	178

6.3	三相感应电动机 .....	179
6.3.1	三相感应电动机的结构 .....	180
6.3.2	三相感应电动机的工作原理 .....	181
6.3.3	感应电动机的转差率与运行状态 .....	183
6.3.4	三相感应电动机的启动和调速问题分析 .....	184
6.3.5	三相感应电动机的等效电路 .....	185
6.4	单相感应电动机 .....	188
6.4.1	电容启动电动机 .....	188
6.4.2	永久电容分相式电动机 .....	189
6.4.3	双值电容电动机 .....	190
6.4.4	罩极式电动机 .....	190
6.5	其他种类的交流感应电动机 .....	191
6.5.1	直线感应电动机 .....	191
6.5.2	三相同步电动机 .....	192
6.5.3	伺服电动机 .....	192
6.6	直流电动机 .....	193
6.6.1	直流电动机的工作原理 .....	193
6.6.2	直流电动机的结构 .....	194
6.6.3	直流电动机的种类及特点 .....	195
6.6.4	直流电动机的启动与调速 .....	197
6.6.5	直流电动机的应用 .....	198
	本章小结 .....	199
	习题六 .....	200

## 第二篇 电子技术

### 第七章 电子技术简介

7.1	电子技术的发展历程 .....	205
7.2	电子电路 .....	208
7.2.1	模拟电路 .....	208
7.2.2	数字电路 .....	209
	本章小结 .....	210

## 第八章 半导体二极管及其应用

8.1	半导体材料的导电特性 .....	212
8.1.1	本征半导体 .....	213
8.1.2	N型半导体和P型半导体 .....	213
8.1.3	P型半导体 .....	214
8.2	PN结的形成及其单向导电性能 .....	215
8.2.1	PN结的形成 .....	215
8.2.2	PN结的特性 .....	216
8.2.3	PN结的正向偏置 .....	216
8.2.4	PN结的反向偏置 .....	217
8.3	半导体二极管 .....	218
8.3.1	半导体二极管的特性曲线 .....	219
8.3.2	主要技术参数 .....	220
8.3.3	二极管的种类 .....	221
8.3.4	半导体器件的命名方法 .....	223
8.4	二极管的应用技术 .....	224
8.4.1	二极管组成的单相半波整流电路 .....	225
8.4.2	单相全波整流电路 .....	227
8.4.3	单相桥式整流电路 .....	229
8.4.4	电容滤波器 .....	230
8.4.5	电感电容滤波器 .....	234
8.4.6	$\pi$ 型滤波器 .....	234
8.5	稳压电路 .....	236
	本章小结 .....	239
	习题八 .....	239

## 第九章 半导体三极管及其应用

9.1	放大器的增益 .....	242
9.2	半导体三极管 .....	243
9.3	三极管的放大原理和电流分配 .....	244
9.4	三极管的特性曲线 .....	245
9.4.1	三极管的输入特性曲线 .....	246

9.4.2	三极管的输出特性曲线	248
9.4.3	三极管的工作状态	249
9.4.4	三极管的主要技术指标	250
9.4.5	三极管电路模型	252
9.5	基本放大电路	253
9.5.1	共发射极放大器电路	253
9.5.2	共发射极放大器电路的直流通路及静态值	254
9.5.3	共发射极放大器电路的交流通路分析	256
9.5.4	输入电阻、输出电阻对放大器性能的影响	259
9.5.5	共发射极分压偏置式放大器	261
9.5.6	共发射极分压偏置式放大电路的直流通路及静态参数	261
9.5.7	共发射极分压偏置式放大电路的交流通路	263
9.6	共基极放大器	265
9.6.1	共基极放大器的直流通路及静态参数	265
9.6.2	共基极放大器的交流通路	266
9.7	多级放大器	267
9.7.1	阻容耦合方式	267
9.7.2	直接耦合方式	268
	本章小结	270
	习题九	271

## 第十章 电工与电子电路应用实例

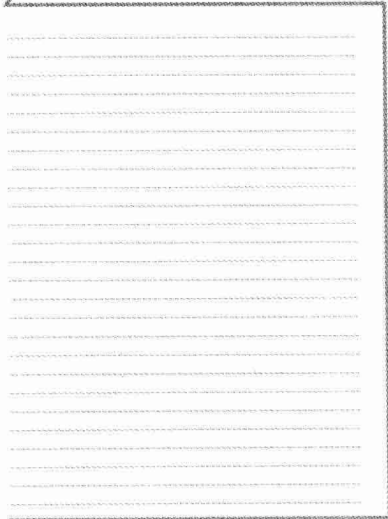
10.1	串联型直流稳压电源	274
10.2	PC 机直流稳压电源电路	275
10.3	ATX 开关电源的基本结构	278
10.4	ATX 电源的工作过程	278
10.4.1	整流滤波电路模块	280
10.4.2	变频放大与功率转换电路	280
10.4.3	高频整流与输出电路模块	284
10.4.4	自动稳压控制电路模块	286
10.4.5	+5V、+12V 自动稳压控制电路	286
10.4.6	自动保护控制电路	287

>>> 电工与电路基础及应用.....

10.4.7	辅助电源电路.....	289
10.4.8	两个特殊的信号.....	290
10.5	ATX 电源的维护与常见故障处理.....	293
10.5.1	ATX 电源的维护.....	293
10.5.2	ATX 电源故障处理的方法.....	293
10.5.3	ATX 电源常见故障及处理.....	295

### 第三篇 实 验

实验一	电阻元件的伏安特性实验.....	303
实验二	验证叠加原理实验.....	305
实验三	验证戴维宁定理实验.....	307
实验四	交流信号的测试.....	310
实验五	测量 $R$ 、 $L$ 、 $C$ 器件的频率特性实验.....	314
实验六	一阶 RC 电路的响应实验.....	316
实验七	$R$ 、 $L$ 、 $C$ 串联电路的谐振特性实验.....	318
实验八	整流电路实验.....	322
实验九	低频三极管单级放大器电路实验.....	325
附录一	色环电阻值识别表.....	328
附录二	小功率变压器常用标准铁芯每匝伏数表.....	329
附录三	漆包线规格查对表.....	330
附录四	部分常用国产二极管参数表.....	331
附录五	部分常用国产三极管参数表.....	337
附录六	习题答案.....	346
参考文献	.....	354



..... 第 一 篇

# 电路技术



电工是研究电磁领域的客观规律及其应用的科学技术，涉及电力生产和电工制造两大工业生产体系。电工技术的发展水平是衡量社会现代化程度的重要标志。电子技术是指研究由电子管、晶体管、集成电路芯片等器件组成的电子电路应用到科学技术、生产、生活等领域的技术，电子电路是信息社会产生、传送、处理信号的载体（硬件）。电工与电子技术是推动社会生产和科学技术发展、促进社会文明的有力杠杆。

电路理论是研究电工与电子技术的基础，是研究由理想元件构成的电路模型的理论。