

高等院校  
「公选」课程教材

# 电工电子技术

张洪润 金伟萍 关怀 编著

面向应用、兼顾基础  
动手实验，掌握技能  
提高分析问题和解决问题的能力



清华大学出版社

# 电工电子**技术**

张洪润 金伟萍 关 怀 编著

清华大学出版社

## 内 容 简 介

全书从实用的角度,根据电工电子技术发展的最新趋势,并结合多年的教学经验而编写,精简了对分立元件的分析和过多的理论叙述,增加了集成电路应用方面的知识和实例。全书共分18章,详细讲解直流电路、交流电路、变压器、电动机、低压控制电路、PC可编程控制器,供电、输电、配电、安全用电以及半导体二极管、三极管、基本放大电路、集成运算放大器、正弦波振荡电路、直流稳压电源、晶闸管(可控硅)电路、数字逻辑组合电路、触发器时序逻辑电路、直流稳压电源、模拟量与数字量转换电路、计算机网络与现代通信技术、家用电器电路等技术应用和用例实验。

本书可作为高等院校化工、机械、物理、仪器仪表、机电一体化、计算机应用、生物医学、精密仪器测量与控制、汽车与机械等专业电工电子技术的教材,也可作为科研人员、工程技术人员的参考用书。

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 / 张洪润, 金伟萍, 关怀编著. —北京: 清华大学出版社, 2013

ISBN 978-7-302-33317-3

I. ①电… II. ①张… ②金… ③关… III. ①电工技术—高等学校—教材  
②电子技术—高等学校—教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 173612 号

责任编辑: 夏非彼

封面设计: 王 翔

责任校对: 闫秀华

责任印制: 刘海龙

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈: 010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者: 清华大学印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 190mm×260mm

印 张: 27.75

字 数: 710 千字

版 次: 2013 年 10 月第 1 版

印 次: 2013 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000 册

定 价: 49.90 元

---

产品编号: 048849-01

# 前言

电工电子技术是研究电磁理论及其在工程技术方面应用的一门技术基础课程。

由于电能具有便于转换、输送和控制等优点,所以在工农业生产、国防建设和日常生活中得到了广泛的应用。尤其在 21 世纪,由于电子技术和计算机技术的蓬勃发展,许多工程技术问题,如物理量的测量,数据的运算与处理、能量的转换与控制等,都广泛地采用了电子技术。同时,生产需要又推动了测量技术、计算机技术及自动控制技术的迅速发展。

目前在房屋建筑、水利水电工程、桥梁和隧道等施工中,经常使用的起重机、皮带运输机、搅拌机以及电力排灌中使用的抽水机都是用电动机来驱动的,作为工程技术人员必需能正确选择和使用这些设备;在建筑设计中还应全面地考虑配电系统的布局、照明的配置、建筑防雷、节约电能、安全用电,以及电梯、空调、光纤电视等先进设备的使用;此外,在进行工程结构的设计和研究中,为了验证设计理论、选定设计方案、鉴定工程质量和分析在使用中产生的问题,往往需要对工程结构进行静态和动态的实验。如动态应变仪是测量结构材料在动载荷状况下变形的应力分析仪器,它除了测量动态应变外,如果配用相应的传感器,也可以测量压力、拉力、扭矩、位移、速度、加速度等物理量及其变化的过程。

遵照高等院校培养实用型人材的要求,结合当前国内外电工电子技术最新发展趋势和教学与实践相结合的需要,组织了大量有教学、科研经验的专家、教授,参照国家教育部“高等院校基础课程教学大纲”的要求编写了这本《电工电子技术》。

## 1. 本书的目的和方法

学习目的:掌握工程技术人员必需具有的基本理论、基本知识和基本技能。

学习方法:每学完一部分(例如电路、电机等)以后,及时做做总结对比;认真做实验,掌握实验技能、电器设备的使用和操作,提高分析问题和解决实际问题的能力。

## 2. 本书特色

全书共 18 章,详细讲解直流电路、交流电路、变压器、电动机、低压控制电路、PC 可编程控制器,供电、输电、配电、安全用电以及半导体二极管、三极管、基本放大电路、集成运算放大器、正弦波振荡电路、直流稳压电源、晶闸管(可控硅)电路、数字逻辑组合电路、触发器时序逻辑电路、直流稳压电源、模拟量与数字量转换电路、计算机网络与现代通信技术、家用电器电路等。

本书可作为高等院校化工、机械、物理、仪器仪表、机电一体化、计算机应用、生物医学、精密仪器测量与控制、汽车与机械等专业电工电子技术的教材。也可作为科研人员、工程技术人员参考用书。

本书由张洪润、金伟萍、关怀编写，另外参加编写的人员还有金国新、张宇、张翎雁、张亚凡、傅谨新、孙悦、王德超、邓洪敏、尤伟康等。

本书在编写过程中，得到了四川大学、南京大学、清华大学、重庆大学、北京科技大学、复旦大学、四川师范大学、南开大学、西南交通大学、浙江大学、成都理工大学、电子科技大学等众多老师的支持，他们客观地提出了许多宝贵意见，特别是教育界的老前辈傅松如、吴国仪、李德宽、刘国衡、尤克伟、郑希特、朱竹林、金有仙、刘竟成教授以及张尔宜、张庆、张兰等老师的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

限于编者的水平和经验，书中难免有不足或错误之处，敬请读者批评指正。

四川大学 张洪润 谨识  
2013年3月



# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 第 1 章 直流电路 .....              | 1  |
| 1.1 电路的组成 .....               | 1  |
| 1.1.1 电源 .....                | 2  |
| 1.1.2 负载 .....                | 3  |
| 1.1.3 中间环节 .....              | 3  |
| 1.2 电路中电位的计算 .....            | 4  |
| 1.3 电路的状态 .....               | 7  |
| 1.3.1 负载状态 .....              | 8  |
| 1.3.2 空载（开路）状态 .....          | 9  |
| 1.3.3 短路状态 .....              | 9  |
| 1.4 克希荷夫定律 .....              | 10 |
| 1.4.1 克希荷夫电流定律（节点电流定律） .....  | 11 |
| 1.4.2 克希荷夫电压定律（回路电压定律） .....  | 13 |
| 1.5 支路电流法 .....               | 15 |
| 1.6 叠加原理 .....                | 17 |
| 1.7 等效电压源定理（戴维南定理） .....      | 20 |
| 1.8 电容器的充电与放电 .....           | 23 |
| 1.8.1 电容的物理性质 .....           | 23 |
| 1.8.2 电容器的充电过程 .....          | 24 |
| 1.8.3 时间常数 $\tau$ 的物理意义 ..... | 25 |
| 1.8.4 放电过程 .....              | 26 |
| 1.9 RL 电路与直流电压的接通 .....       | 28 |
| 1.9.1 电感的物理性质 .....           | 28 |
| 1.9.2 RL 串联与直流电压的接通 .....     | 29 |
| 1.9.3 短路放电 .....              | 29 |
| 1.9.4 突然断开 .....              | 30 |
| 1.10 本章小结 .....               | 31 |
| 1.11 习题 .....                 | 33 |
| 第 2 章 正弦交流电路 .....            | 36 |
| 2.1 交流电的基本概念 .....            | 36 |
| 2.1.1 周期电压和周期电流 .....         | 36 |
| 2.1.2 正弦电压和正弦电流 .....         | 37 |
| 2.1.3 正弦量的特征 .....            | 38 |
| 2.1.4 正弦量的有效值 .....           | 42 |

|            |                      |            |
|------------|----------------------|------------|
| 2.2        | 正弦量的矢量和复数表示法 .....   | 44         |
| 2.2.1      | 正弦量的旋转矢量表示法 .....    | 44         |
| 2.2.2      | 正弦量的复数表示法 .....      | 46         |
| 2.3        | 单一参数的交流电路 .....      | 50         |
| 2.3.1      | 纯电阻电路 .....          | 50         |
| 2.3.2      | 纯电感电路 .....          | 52         |
| 2.3.3      | 纯电容电路 .....          | 56         |
| 2.4        | 电阻、电感、电容串联交流电路 ..... | 60         |
| 2.4.1      | 电流与电压的关系 .....       | 60         |
| 2.4.2      | 电路的功率 .....          | 61         |
| 2.4.3      | 串联谐振 .....           | 63         |
| 2.5        | 负载并联的交流电路 .....      | 67         |
| 2.5.1      | 电路的计算 .....          | 67         |
| 2.5.2      | 并联谐振 .....           | 69         |
| 2.5.3      | 复数运算举例 .....         | 72         |
| 2.6        | 功率因数的提高 .....        | 76         |
| 2.7        | 本章小结 .....           | 79         |
| 2.8        | 习题 .....             | 81         |
| <b>第3章</b> | <b>三相交流电路 .....</b>  | <b>84</b>  |
| 3.1        | 三相电源 .....           | 84         |
| 3.1.1      | 三相交流电的应用 .....       | 84         |
| 3.1.2      | 三相电动势的产生及表示法 .....   | 85         |
| 3.1.3      | 三相电源的星形接法 .....      | 87         |
| 3.1.4      | 三相电源的三角形接法 .....     | 88         |
| 3.2        | 三相负载 .....           | 89         |
| 3.2.1      | 负载的星形接法 .....        | 89         |
| 3.2.2      | 负载的三角形接法 .....       | 94         |
| 3.3        | 三相电流的功率及其测量 .....    | 96         |
| 3.3.1      | 三相电路的功率 .....        | 96         |
| 3.3.2      | 三相有功功率的测量 .....      | 98         |
| 3.4        | 本章小结 .....           | 103        |
| 3.5        | 习题 .....             | 103        |
| <b>第4章</b> | <b>磁路与变压器 .....</b>  | <b>105</b> |
| 4.1        | 磁路概述 .....           | 106        |
| 4.1.1      | 磁场的基本物理量 .....       | 106        |
| 4.1.2      | 磁路的基本定律 .....        | 106        |
| 4.1.3      | 直流磁路的工作特点 .....      | 108        |
| 4.1.4      | 交流磁路的工作特点 .....      | 108        |

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 4.2 变压器的基本结构 .....            | 109        |
| 4.2.1 铁心 .....                | 109        |
| 4.2.2 绕组 .....                | 110        |
| 4.3 变压器工作原理 .....             | 110        |
| 4.3.1 空载运行 .....              | 111        |
| 4.3.2 负载运行 .....              | 112        |
| 4.3.3 阻抗变换 .....              | 114        |
| 4.4 变压器绕组的极性 .....            | 115        |
| 4.4.1 绕组的极性与正确接线 .....        | 115        |
| 4.4.2 同名端的测定方法 .....          | 116        |
| 4.5 三相变压器 .....               | 116        |
| 4.6 变压器的额定值 .....             | 117        |
| 4.7 自耦变压器 .....               | 118        |
| 4.8 仪用互感器 .....               | 118        |
| 4.8.1 电压互感器 .....             | 118        |
| 4.8.2 电流互感器 .....             | 119        |
| 4.9 电磁铁 .....                 | 119        |
| 4.10 电焊变压器 .....              | 121        |
| 4.11 本章小结 .....               | 122        |
| 4.12 习题 .....                 | 123        |
| <b>第 5 章 电动机</b> .....        | <b>124</b> |
| 5.1 三相异步电动机 .....             | 124        |
| 5.1.1 三相异步电动机结构 .....         | 124        |
| 5.1.2 三相异步电动机的转动原理 .....      | 126        |
| 5.1.3 三相异步电动机的电磁转矩与机械特性 ..... | 129        |
| 5.1.4 三相异步电动机铭牌和技术数据 .....    | 132        |
| 5.1.5 三相异步电动机的选择 .....        | 134        |
| 5.1.6 三相异步电动机的起动 .....        | 137        |
| 5.1.7 三相异步电动机的调速 .....        | 138        |
| 5.2 单相异步电动机 .....             | 139        |
| 5.3 直流电动机 .....               | 140        |
| 5.4 交直流通用电动机 .....            | 142        |
| 5.5 步进电动机 .....               | 143        |
| 5.6 本章小结 .....                | 144        |
| 5.7 习题 .....                  | 145        |
| <b>第 6 章 继电器接触器控制</b> .....   | <b>147</b> |
| 6.1 常用低压控制电器 .....            | 147        |
| 6.1.1 闸刀开关 .....              | 147        |



|              |                                   |            |
|--------------|-----------------------------------|------------|
| 6.1.2        | 自动空气断路器 .....                     | 148        |
| 6.1.3        | 交流接触器 .....                       | 148        |
| 6.1.4        | 按钮 .....                          | 149        |
| 6.1.5        | 热继电器 .....                        | 149        |
| 6.1.6        | 时间继电器 .....                       | 150        |
| 6.1.7        | 行程开关 .....                        | 151        |
| 6.1.8        | 熔断器 .....                         | 151        |
| 6.1.9        | 漏电保护器 .....                       | 152        |
| 6.2          | 三相异步电动机的继电器接触器控制 .....            | 153        |
| 6.2.1        | 三相异步电动机的直接起动控制电路 .....            | 153        |
| 6.2.2        | 三相异步电动机的正反转控制 .....               | 154        |
| 6.2.3        | 三相异步电动机的 Y- $\Delta$ 起动控制电路 ..... | 155        |
| 6.2.4        | 顺序控制电路 .....                      | 156        |
| 6.2.5        | 行程控制电路 .....                      | 156        |
| 6.3          | 本章小结 .....                        | 157        |
| 6.4          | 习题 .....                          | 158        |
| <b>第 7 章</b> | <b>可编程序控制器 .....</b>              | <b>160</b> |
| 7.1          | PC 的特点与基本结构 .....                 | 161        |
| 7.1.1        | PC 的特点 .....                      | 161        |
| 7.1.2        | PC 控制系统的组成 .....                  | 161        |
| 7.1.3        | 可编程序控制器的组成 .....                  | 162        |
| 7.2          | 可编程序控制器工作原理 .....                 | 164        |
| 7.2.1        | 输入采样阶段 .....                      | 165        |
| 7.2.2        | 程序执行阶段 .....                      | 165        |
| 7.2.3        | 输出刷新阶段 .....                      | 165        |
| 7.3          | PC 编程语言 .....                     | 166        |
| 7.3.1        | 两种常用的编程语言 .....                   | 166        |
| 7.3.2        | PC 的基本指令 .....                    | 167        |
| 7.4          | 可编程序控制器应用举例 .....                 | 169        |
| 7.4.1        | 三相异步电动机直接起动控制 .....               | 169        |
| 7.4.2        | 异步电动机的正反转控制 .....                 | 170        |
| 7.4.3        | 异步电动机的 Y- $\Delta$ 起动控制 .....     | 171        |
| 7.5          | 本章小结 .....                        | 172        |
| 7.6          | 习题 .....                          | 172        |
| <b>第 8 章</b> | <b>供电、输电、配电与安全用电 .....</b>        | <b>174</b> |
| 8.1          | 供电 .....                          | 174        |
| 8.1.1        | 供电过程 .....                        | 174        |
| 8.1.2        | 供电质量 .....                        | 175        |

|               |                      |            |
|---------------|----------------------|------------|
| 8.2           | 输电 .....             | 176        |
| 8.2.1         | 输电电压 .....           | 176        |
| 8.2.2         | 输电功率 .....           | 176        |
| 8.3           | 配电 .....             | 177        |
| 8.3.1         | 工厂供配电系统 .....        | 177        |
| 8.3.2         | 配电方式 .....           | 177        |
| 8.3.3         | 户内配电 .....           | 178        |
| 8.4           | 安全用电 .....           | 179        |
| 8.4.1         | 触电 .....             | 179        |
| 8.4.2         | 接地和接地电阻 .....        | 180        |
| 8.4.3         | 保护接地 .....           | 180        |
| 8.4.4         | 保护接零 .....           | 180        |
| 8.4.5         | 重复接地 .....           | 181        |
| 8.4.6         | 工作零线和保护零线 .....      | 181        |
| 8.5           | 节约用电 .....           | 182        |
| 8.6           | 本章小结 .....           | 183        |
| 8.7           | 习题 .....             | 183        |
| <b>第 9 章</b>  | <b>电工测量 .....</b>    | <b>184</b> |
| 9.1           | 电工测量仪表分类 .....       | 184        |
| 9.2           | 电工测量仪表类型 .....       | 186        |
| 9.2.1         | 磁电式仪表 .....          | 187        |
| 9.2.2         | 电磁式仪表 .....          | 188        |
| 9.2.3         | 电动式仪表 .....          | 189        |
| 9.3           | 测量电流 .....           | 191        |
| 9.4           | 测量电压 .....           | 192        |
| 9.5           | 万用表 .....            | 193        |
| 9.5.1         | 磁电式万用表 .....         | 193        |
| 9.5.2         | 数字式万用表 .....         | 194        |
| 9.6           | 测量功率 .....           | 196        |
| 9.6.1         | 单相交流和直流功率的测量 .....   | 196        |
| 9.6.2         | 三相功率的测量 .....        | 197        |
| 9.7           | 兆欧表 .....            | 197        |
| 9.8           | 本章小结 .....           | 198        |
| 9.9           | 习题 .....             | 198        |
| <b>第 10 章</b> | <b>常用半导体元件 .....</b> | <b>201</b> |
| 10.1          | 半导体二极管 .....         | 201        |
| 10.1.1        | N 型和 P 型半导体 .....    | 201        |
| 10.1.2        | PN 结及其单向导电性 .....    | 202        |

|               |                       |            |
|---------------|-----------------------|------------|
| 10.1.3        | 二极管的结构和符号 .....       | 202        |
| 10.1.4        | 二极管的伏安特性 .....        | 203        |
| 10.1.5        | 二极管主要参数 .....         | 204        |
| 10.1.6        | 二极管的整流作用 .....        | 204        |
| 10.1.7        | 滤波电路 .....            | 208        |
| 10.2          | 稳压二极管 .....           | 210        |
| 10.2.1        | 稳压管的伏安特性 .....        | 211        |
| 10.2.2        | 稳压管的主要参数 .....        | 211        |
| 10.2.3        | 稳压管稳压电路 .....         | 211        |
| 10.3          | 特殊用途二极管 .....         | 212        |
| 10.3.1        | 发光二极管 .....           | 212        |
| 10.3.2        | 光电二极管 .....           | 212        |
| 10.3.3        | 变容二极管 .....           | 213        |
| 10.4          | 半导体三极管 .....          | 213        |
| 10.4.1        | 三极管的结构 .....          | 213        |
| 10.4.2        | 三极管的电流放大作用 .....      | 214        |
| 10.4.3        | 三极管的特性曲线 .....        | 215        |
| 10.4.4        | 三极管的主要参数 .....        | 217        |
| 10.5          | 场效应晶体管 .....          | 217        |
| 10.5.1        | 绝缘栅型场效应管的结构 .....     | 217        |
| 10.5.2        | 场效应管的工作原理 .....       | 218        |
| 10.5.3        | MOS 管的特性曲线 .....      | 219        |
| 10.5.4        | MOS 管的主要参数 .....      | 220        |
| 10.6          | 本章小结 .....            | 220        |
| 10.7          | 习题 .....              | 221        |
| <b>第 11 章</b> | <b>基本放大电路 .....</b>   | <b>223</b> |
| 11.1          | 共发射极放大电路的组成 .....     | 223        |
| 11.2          | 共发射极放大电路的分析 .....     | 224        |
| 11.2.1        | 静态分析 .....            | 225        |
| 11.2.2        | 动态分析 .....            | 227        |
| 11.3          | 静态工作点稳定性 .....        | 232        |
| 11.4          | 射极输出器 .....           | 235        |
| 11.4.1        | 静态分析 .....            | 235        |
| 11.4.2        | 动态分析 .....            | 236        |
| 11.5          | 放大电路中的负反馈 .....       | 239        |
| 11.5.1        | 什么是放大电路中的负反馈 .....    | 239        |
| 11.5.2        | 负反馈类型 .....           | 240        |
| 11.5.3        | 负反馈对放大电路工作性能的影响 ..... | 242        |
| 11.6          | 差分放大电路 .....          | 246        |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 11.6.1 静态分析 .....              | 246        |
| 11.6.2 动态分析 .....              | 247        |
| 11.7 互补对称功率放大电路 .....          | 250        |
| 11.7.1 对功率放大电路的基本要求 .....      | 250        |
| 11.7.2 互补对称放大电路 .....          | 251        |
| 11.8 场效应管及其放大电路 .....          | 253        |
| 11.8.1 绝缘栅场效应管 .....           | 253        |
| 11.8.2 场效应管放大电路 .....          | 255        |
| 11.9 本章小结 .....                | 257        |
| 11.10 习题 .....                 | 258        |
| <b>第 12 章 集成运算放大器 .....</b>    | <b>261</b> |
| 12.1 集成运算放大器概述 .....           | 261        |
| 12.1.1 集成运算放大器的组成 .....        | 261        |
| 12.1.2 集成运算放大器主要参数 .....       | 262        |
| 12.1.3 理想集成运算放大器 .....         | 263        |
| 12.2 集成运算放大器在信号运算方面的应用 .....   | 264        |
| 12.2.1 比例运算 .....              | 264        |
| 12.2.2 加法运算 .....              | 267        |
| 12.2.3 减法运算 .....              | 268        |
| 12.2.4 积分运算 .....              | 269        |
| 12.2.5 微分运算 .....              | 270        |
| 12.3 集成运算放大器在信号测量方面的应用 .....   | 271        |
| 12.4 集成运算放大器的非线性应用 .....       | 272        |
| 12.4.1 单门限电压比较器 .....          | 272        |
| 12.4.2 迟滞电压比较器 .....           | 273        |
| 12.5 非正弦信号产生电路 .....           | 275        |
| 12.5.1 方波信号发生器 .....           | 275        |
| 12.5.2 三角波信号发生器 .....          | 276        |
| 12.6 正弦信号产生电路 .....            | 277        |
| 12.6.1 正弦波振荡的条件 .....          | 278        |
| 12.6.2 RC 正弦波振荡电路 .....        | 278        |
| 12.6.3 LC 振荡电路 .....           | 280        |
| 12.7 本章小结 .....                | 281        |
| 12.8 习题 .....                  | 282        |
| <b>第 13 章 门电路和组合逻辑电路 .....</b> | <b>286</b> |
| 13.1 集成基本门电路 .....             | 286        |
| 13.1.1 或门电路 .....              | 287        |
| 13.1.2 与门电路 .....              | 288        |

|               |                         |            |
|---------------|-------------------------|------------|
| 13.1.3        | 非门电路 .....              | 289        |
| 13.2          | 集成复合门电路 .....           | 290        |
| 13.2.1        | 或非门电路 .....             | 290        |
| 13.2.2        | 与非门电路 .....             | 291        |
| 13.2.3        | 三态与非门 .....             | 292        |
| 13.3          | 组合逻辑电路分析 .....          | 294        |
| 13.3.1        | 逻辑代数化简 .....            | 294        |
| 13.3.2        | 组合逻辑电路分析 .....          | 296        |
| 13.4          | 组合逻辑电路设计 .....          | 297        |
| 13.4.1        | 半加器 .....               | 298        |
| 13.4.2        | 全加器 .....               | 299        |
| 13.5          | 编码器 .....               | 301        |
| 13.6          | 译码器 .....               | 302        |
| 13.6.1        | 二进制译码器 .....            | 303        |
| 13.6.2        | 显示译码器 .....             | 304        |
| 13.7          | 数据分配器和数据选择器 .....       | 305        |
| 13.7.1        | 数据分配器 .....             | 305        |
| 13.7.2        | 数据选择器 .....             | 306        |
| 13.8          | 应用举例 .....              | 307        |
| 13.8.1        | 故障报警器 .....             | 307        |
| 13.8.2        | 卡片钥匙式电子锁 .....          | 308        |
| 13.8.3        | 水位检测电路 .....            | 309        |
| 13.9          | 本章小结 .....              | 309        |
| 13.10         | 习题 .....                | 310        |
| <b>第 14 章</b> | <b>触发器和时序逻辑电路 .....</b> | <b>312</b> |
| 14.1          | 双稳态触发器 .....            | 312        |
| 14.1.1        | 双稳态触发器的基本性能 .....       | 312        |
| 14.1.2        | 基本 RS 触发器 .....         | 313        |
| 14.1.3        | 钟控 RS 触发器 .....         | 313        |
| 14.1.4        | 边沿触发器 .....             | 315        |
| 14.1.5        | 触发器逻辑功能转换 .....         | 317        |
| 14.2          | 寄存器与移位寄存器 .....         | 317        |
| 14.2.1        | 寄存器 .....               | 317        |
| 14.2.2        | 移位寄存器 .....             | 318        |
| 14.3          | 计数器 .....               | 319        |
| 14.3.1        | 同步计数器 .....             | 319        |
| 14.3.2        | 中规模集成计数器 .....          | 322        |
| 14.4          | 集成 555 定时器原理及应用 .....   | 325        |
| 14.4.1        | 集成 555 定时器 .....        | 325        |

|               |                               |            |
|---------------|-------------------------------|------------|
| 14.4.2        | 用 555 定时器构成施密特触发器 .....       | 326        |
| 14.4.3        | 555 定时器应用举例 .....             | 327        |
| 14.5          | 应用举例 .....                    | 327        |
| 14.5.1        | 数字钟 .....                     | 327        |
| 14.5.2        | 四人抢答电路 .....                  | 329        |
| 14.6          | 本章小结 .....                    | 329        |
| 14.7          | 习题 .....                      | 330        |
| <b>第 15 章</b> | <b>模拟量与数字量转换 .....</b>        | <b>333</b> |
| 15.1          | 数/模转换器 (D/A) .....            | 333        |
| 15.1.1        | 数/模转换器工作原理 .....              | 334        |
| 15.1.2        | 数/模转换器的类型 .....               | 336        |
| 15.1.3        | 数/模转换器的主要参数 .....             | 337        |
| 15.2          | 模/数转换器 (A/D) .....            | 337        |
| 15.2.1        | 模/数转换器工作原理 .....              | 337        |
| 15.2.2        | 模/数转换器的类型 .....               | 341        |
| 15.2.3        | 模/数转换器的主要参数 .....             | 341        |
| 15.2.4        | 选择 A/D 或 D/A 转换器时应注意的问题 ..... | 342        |
| 15.3          | 本章小结 .....                    | 342        |
| 15.4          | 习题 .....                      | 343        |
| <b>第 16 章</b> | <b>常用电子电源 .....</b>           | <b>344</b> |
| 16.1          | 直流集成稳压电源 .....                | 344        |
| 16.2          | 可控硅 (晶闸管) 整流电源 .....          | 347        |
| 16.2.1        | 晶闸管 .....                     | 347        |
| 16.2.2        | 可控整流电路 .....                  | 349        |
| 16.3          | 高频开关电源 .....                  | 350        |
| 16.3.1        | 开关电源简介 .....                  | 350        |
| 16.3.2        | 基本变换器结构 .....                 | 351        |
| 16.3.3        | 开关电源的控制电路 .....               | 353        |
| 16.3.4        | 单端反激式开关电源电路 .....             | 355        |
| 16.4          | 本章小结 .....                    | 356        |
| 16.5          | 习题 .....                      | 356        |
| <b>第 17 章</b> | <b>计算机网络与现代通信技术 .....</b>     | <b>357</b> |
| 17.1          | 计算机网络概述 .....                 | 357        |
| 17.1.1        | 计算机网络分类 .....                 | 357        |
| 17.1.2        | Internet 简介 .....             | 359        |
| 17.2          | 现代通信技术概述 .....                | 361        |
| 17.2.1        | 通信系统分类 .....                  | 361        |
| 17.2.2        | 电缆通信与微波中继通信 .....             | 364        |



|               |                                  |            |
|---------------|----------------------------------|------------|
| 17.2.3        | 光纤通信 .....                       | 365        |
| 17.2.4        | 卫星通信 .....                       | 366        |
| 17.2.5        | 移动通信 .....                       | 367        |
| 17.2.6        | 现代通信发展趋势 .....                   | 369        |
| 17.3          | 本章小结 .....                       | 369        |
| 17.4          | 习题 .....                         | 370        |
| <b>第 18 章</b> | <b>家用电器电路 .....</b>              | <b>371</b> |
| 18.1          | 电熨斗电路 .....                      | 371        |
| 18.2          | 电饭锅电路 .....                      | 372        |
| 18.2.1        | 基本结构 .....                       | 373        |
| 18.2.2        | 电路原理 .....                       | 374        |
| 18.3          | 微波炉电路 .....                      | 376        |
| 18.3.1        | 微波炉的工作原理 .....                   | 376        |
| 18.3.2        | 微波炉的结构 .....                     | 376        |
| 18.3.3        | 微波炉的电路原理 .....                   | 377        |
| 18.4          | 电冰箱电路 .....                      | 378        |
| 18.5          | 空调器电路 .....                      | 379        |
| 18.6          | 本章小结 .....                       | 381        |
| 18.7          | 习题 .....                         | 381        |
| <b>附录 A</b>   | <b>实验 .....</b>                  | <b>382</b> |
| <b>附录 B</b>   | <b>可编程序控制器简介 .....</b>           | <b>413</b> |
| <b>附录 C</b>   | <b>电阻电容标注及半导体集成器件的命名方法 .....</b> | <b>416</b> |
| <b>附录 D</b>   | <b>常用半导体器件参数 .....</b>           | <b>419</b> |
| <b>附录 E</b>   | <b>常用电机与电器的图形符号 .....</b>        | <b>423</b> |
| <b>附录 F</b>   | <b>参考答案 .....</b>                | <b>424</b> |
|               | <b>参考文献 .....</b>                | <b>429</b> |

# 第1章

## 直流电路

### 【学习目的和要求】

通过本章的学习，应了解电路的组成，电路的状态，电路分析计算等常用的几个基本定律以及电感电容在电路中的物理特性；掌握电路的计算和分析方法。

目前使用的电气设备种类繁多，但绝大部分的设备仍是由各式各样的基本电路组成的。因此，掌握电路的分析和计算方法是十分重要的，它是我们进一步学习电机、电器和电子技术的共同基础。

本章通过直流电路介绍电气工程上常用的分析和计算方法，同时对电感和电容这两个基本电路参数也作必要的讨论。值得指出的是，本章虽然讲的是直流电路，但这些基本规律和分析方法只要稍加扩展，对于交流电路也是适用的。

### 1.1 电路的组成

电路就是电流通过的路径。电路按其用途不同，可分为复杂电路和简单电路。但不管电路有多复杂或有多简单，就其在电路中的作用来说都可归纳为如下三个组成部分，即：电源、负载以及联接电源和负载的中间环节。图 1-1 所示为最常见的手电筒电路，其中干电池即为电源，灯泡为负载，中间环节包括开关和联接导线。

对于电源来说，由负载和中间环节组成的电路称为外电路，电源内部的电流通路则称为内电路。

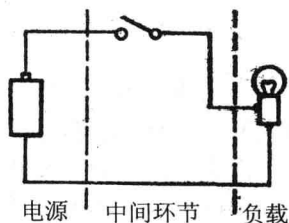


图 1-1 手电筒电路

## 1.1.1 电源

电源是一种将非电能转换成电能的装置。常用的电源有干电池、蓄电池和发电机等，它们分别将化学能和机械能转换成电能。此外，还有将某种形式的电能转换成另一种形式电能的装置，通常也称为电源，例如常见的直流稳压电源就是将交流电转换成直流电并在一定范围内保持输出电压稳定的一种装置。

在分析和计算电路时，通常总是将实际电路（例如图 1-1）画成如图 1-2 所示的电路图。在这个电路图中，电动势  $E$  和内阻  $R_0$  为电源部分，电路工作时，它将对外输出电压  $U$ ，所以也叫做电压源。

从物理学中我们知道：电动势的方向在电源内部为从低电位（负极）指向高电位，即电位升的方向；电源端电压的方向为从高电位指向低电位，即电位降的方向，如图 1-2 所示。当开关  $K$  闭合时，根据全电路欧姆定律可得电流：

$$I = \frac{E}{R_0 + R} \quad (1-1)$$

其方向在外电路中从高电位通过负载流向低电位，在电源内部则是从低电位流向高电位。由式 (1-1) 得：

$$IR + IR_0 = E$$

上式中  $IR$  为负载  $R$  两端的电压，在不考虑联接导线电阻的情况下等于电源的端电压  $U$ ，故

$$U = E - IR_0 \quad (1-2)$$

即电源的端电压在带负载的情况下，等于电源电动势减去其内阻压降。显然，如果负载变化（ $R$  值改变），电源的端电压将随之变化。通常将电源的端电压  $U$  与电流  $I$  的关系  $U=f(I)$  叫做电源的外特性或伏安特性。内阻  $R_0$  一定时的电源外特性如图 1-3 所示。

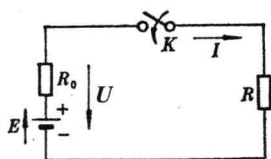


图 1-2 电路图

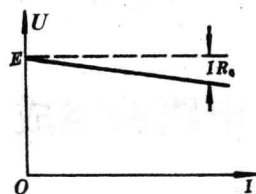


图 1-3 电压源的外特性

当电源不带负载时（ $I=0$ ），输出电压  $U$  在数值上等于电源电动势  $E$ ；随着负载的增加（ $I$  加大），输出电压将随之下降。

由式 (1-2) 可以看出，当输出电流变化时，电源内阻  $R_0$  愈小，则输出电压的变化也愈小。在理想情况下，若电源的内阻  $R_0=0$ ，则不管负载如何变化，电压源将输出恒定电压，其值为：

$$U=E \quad (1-3)$$

这样的电压源称为理想电压源或恒压源。恒压源有两个基本性质：