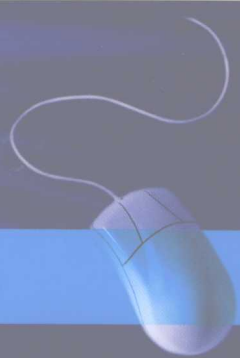


高职高专计算机系列教材



# 电工电子技术

主 编 翟 玉 宋全有



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

# 电工电子技术

（第2版）



# 电工电子技术

主 编 翟 玉 宋全有  
副主编 王 秉



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术/翟玉,宋全有主编. —武汉:武汉大学出版社,2009.6  
(高职高专计算机系列教材)  
ISBN 978-7-307-06850-6

I. 电… II. ①翟… ②宋… III. ①电工技术—高等学校:技术学校—教材 ②电子技术—高等学校:技术学校—教材 IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 010636 号

责任编辑:林莉 支笛      责任校对:刘欣      版式:支笛

---

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:武汉市宏达盛印务有限公司

开本:787×1092 1/16      印张:18.25      字数:435千字

版次:2009年6月第1版      2009年6月第1次印刷

ISBN 978-7-307-06850-6/TM·18      定价:29.00元

---

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。



## 内 容 提 要

本书是高职高专院校统编教材，依据高职高专教育电工电子技术课程教学基本要求编写而成的。主要包括：直流电路、正弦交流电路、变压器与电动机、半导体二极管及其应用、半导体三极管及其应用、多级交流放大电路、集成运算放大器、场效应管与晶闸管应用电路、数字电路简介，并附有学生技能训练，每章后附有小结和习题。

本书体现了职业技术教育的特点，注重基础理论和实用性，把握概念，推进认知，淡化公式的推导，降低理论的深度，注重培养学生的技术应用能力和职业素质。

本书适用于高职高专院校、高等专科学校的仪表自动化、计算机、机械、机电一体化、汽车等专业选作教材，也可作为相关专业的岗位培训、电大、中专用书及工程技术人员参考。

# 高职高专计算机系列教材书目

单片机原理与应用—嵌入式系统开发基础

李群芳等

单片机原理与应用—嵌入式系统开发基础实训及习题解答

李群芳等

计算机文化基础

刘大革等

计算机文化基础实训

刘大革等

Java 程序设计

焦卫峰等

Java 程序设计教程

赵海廷等

电工电子技术

翟 玉等



# 前言

《电工电子技术》是高职教材编审委员会组编的计算机类课程规划教材之一。

本套教材共分9章：第1章直流电路，第2章正弦交流电路，第3章变压器与电动机，第4章半导体二极管及其应用，第5章半导体三极管及其应用，第6章多级交流放大电路，第7章集成运算放大器，第8章场效应管与晶闸管应用电路，第9章数字电路简介和学生实验。第1、2、3、4、5章为整个课程基础部分，以介绍基本概念、基本原理以及基本分析方法为主。第6、7、8、9章是从基础知识向实践应用过渡的桥梁。书中带“\*”号内容可作为选讲内容。本教材要求学生掌握基本应用电路的构成、特点和应用范围。

本套教材针对高等职业教育重在实践能力和职业技能的培养目标，在编写过程中力求突出以下特点：

1. 本教材从电工电子技术整体内容到体系构架，力求简明扼要、通俗易懂；贯彻基本理论够用为度，不强调完整性、系统性；基本知识广而不深、点到为止，真正做到“淡化理论、够用为度、培养技能、重在应用”。

2. 本教材对基本概念、基本理论、工作原理、分析方法都作了必要和适当的阐述、解释，基本技能贯穿始终，并通过实例及例题从理论上和实际应用上加以说明，使学生对所学理论能更好地理解 and 掌握。

3. 本教材的每章后都安排有思考题和习题，并在教材最后配有实验课题，方便教与学。使“讲、练、学”相结合，进而提高学生的实验技能及实践经验，为今后从事专业技术工作打下一定的理论基础和实践基础。

4. 本教材中所用电器元件符号均遵照最新国家标准，插图清晰、美观。

河南交通职业技术学院宋全有任副主编（编写五、六、七、八章）。本教材由河南交通职业技术学院翟玉任主编（编写一、二、三、四、九章和学生实验）并负责全书的统稿。

尽管我们在教材建设的特色方面做出了许多的努力，但由于编者的水平有限，教材中难免存在一些疏漏和不妥之处，恳请各教学单位和读者在使用本教材时多提一些宝贵意见和建议，以便下次修订时改进。

编者

2009年1月



## 目 录

|                   |    |
|-------------------|----|
| 第1章 直流电路          | 1  |
| 1.1 电路及其基本物理量     | 1  |
| 1.1.1 电路的组成及其功能   | 1  |
| 1.1.2 电路的基本物理量    | 2  |
| 1.2 电阻元件及欧姆定律     | 6  |
| 1.2.1 电阻元件        | 6  |
| 1.2.2 电阻定律        | 6  |
| 1.2.3 欧姆定律        | 7  |
| 1.3 电功与电功率        | 9  |
| 1.3.1 电功          | 9  |
| 1.3.2 电功率         | 9  |
| 1.3.3 电源的最大输出功率   | 10 |
| 1.3.4 电器设备的额定值    | 10 |
| 1.4 电阻的串联、并联和混联   | 10 |
| 1.4.1 电阻的串联及应用    | 10 |
| 1.4.2 电阻的并联及应用    | 12 |
| 1.4.3 电阻的混联电路     | 13 |
| 1.5 电路中电位的计算      | 14 |
| 1.6 基尔霍夫定律        | 15 |
| 1.6.1 电路的几个常用术语   | 15 |
| 1.6.2 基尔霍夫第一定律    | 15 |
| 1.6.3 基尔霍夫第二定律    | 15 |
| 1.6.4 支路电流法       | 16 |
| 1.7 电桥电路          | 17 |
| 1.7.1 电桥电路        | 17 |
| 1.7.2 直流单臂电桥      | 18 |
| 1.8 电压源、电流源及其等效变换 | 18 |
| 1.8.1 电压源         | 18 |
| 1.8.2 电流源         | 19 |
| 1.8.3 电流源与电压源的变换  | 20 |
| 1.9 叠加定理          | 21 |
| *1.10 戴维南定理       | 22 |

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| 1.10.1 二端网络 .....         | 23        |
| 1.10.2 戴维南定理 .....        | 23        |
| 本章小结 .....                | 24        |
| 思考题 .....                 | 26        |
| 习 题 .....                 | 26        |
| <b>第2章 正弦交流电路</b> .....   | <b>29</b> |
| 2.1 正弦交流电的基本概念 .....      | 29        |
| 2.1.1 正弦交流电的产生 .....      | 29        |
| 2.1.2 正弦交流电的三要素 .....     | 30        |
| 2.1.3 正弦交流电的相位差 .....     | 32        |
| 2.1.4 正弦交流电的有效值 .....     | 33        |
| 2.2 正弦交流电的表示法 .....       | 34        |
| 2.2.1 解析法 .....           | 34        |
| 2.2.2 曲线法 .....           | 34        |
| 2.2.3 旋转相量法 .....         | 34        |
| 2.3 电感元件及应用 .....         | 36        |
| 2.3.1 电感元件 .....          | 36        |
| 2.3.2 电感 .....            | 36        |
| 2.3.3 电感线圈的应用 .....       | 36        |
| 2.4 电容元件及应用 .....         | 37        |
| 2.4.1 电容元件 .....          | 37        |
| 2.4.2 电容器的充电和放电 .....     | 38        |
| 2.4.3 电容器的串联和并联 .....     | 38        |
| 2.5 单相交流电路 .....          | 39        |
| 2.5.1 纯电阻电路 .....         | 39        |
| 2.5.2 纯电感电路 .....         | 41        |
| 2.5.3 纯电容电路 .....         | 43        |
| 2.5.4 RL 串联电路 .....       | 45        |
| *2.5.5 RC 串联电路 .....      | 47        |
| 2.5.6 RLC 串联电路及串联谐振 ..... | 48        |
| 2.5.7 功率因数的提高 .....       | 50        |
| 2.6 三相交流电路 .....          | 50        |
| 2.6.1 三相电动势的产生 .....      | 51        |
| 2.6.2 三相四线制 .....         | 51        |
| 2.6.3 三相负载的连接 .....       | 53        |
| 2.6.4 三相负载的电功率 .....      | 55        |
| *2.7 安全用电 .....           | 56        |
| 2.7.1 触电情况 .....          | 56        |
| 2.7.2 触电方式 .....          | 57        |

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| 2.7.3 安全保护措施            | 58        |
| 2.7.4 安全用电常识            | 59        |
| 本章小结                    | 59        |
| 思考题                     | 61        |
| 习 题                     | 61        |
| <b>第 3 章 变压器与电动机</b>    | <b>63</b> |
| 3.1 变压器的基本知识            | 63        |
| 3.1.1 变压器的概述            | 63        |
| 3.1.2 变压器的分类            | 63        |
| 3.1.3 变压器的基本结构          | 63        |
| 3.1.4 变压器的工作原理          | 64        |
| 3.1.5 变压器的功率和效率         | 66        |
| *3.2 简介仪用变压器            | 67        |
| 3.2.1 电源变压器             | 67        |
| 3.2.2 调压器               | 68        |
| 3.2.3 互感器               | 68        |
| 3.2.4 耦合变压器             | 69        |
| 3.2.5 脉冲变压器             | 69        |
| 3.3 三相异步电动机             | 70        |
| 3.3.1 三相笼式异步电动机的构造      | 70        |
| 3.3.2 三相异步电动机的工作原理      | 70        |
| 3.3.3 三相异步电动机的起动、反转与调速  | 72        |
| *3.4 单相异步电动机            | 73        |
| 3.4.1 单相异步电动机的工作原理      | 73        |
| 3.4.2 单相电容式异步电动机        | 74        |
| *3.5 直流电动机简介            | 75        |
| 3.5.1 直流电动机的结构          | 75        |
| 3.5.2 直流电动机的工作原理        | 75        |
| 本章小结                    | 77        |
| 思考题                     | 78        |
| 习 题                     | 78        |
| <b>第 4 章 半导体二极管及其应用</b> | <b>79</b> |
| 4.1 半导体的基本知识            | 79        |
| 4.1.1 P 型与 N 型半导体       | 79        |
| 4.1.2 PN 结及其特性          | 80        |
| 4.2 半导体二极管              | 82        |
| 4.2.1 二极管的结构与符号         | 82        |
| 4.2.2 二极管的伏安特性          | 83        |



|                        |    |
|------------------------|----|
| 4.2.3 二极管的主要参数 .....   | 84 |
| 4.3 单相整流电路 .....       | 85 |
| 4.3.1 单相半波整流电路 .....   | 85 |
| 4.3.2 单相桥式整流电路 .....   | 86 |
| 4.4 滤波电路 .....         | 88 |
| 4.4.1 电容滤波电路 .....     | 88 |
| 4.4.2 电感滤波电路 .....     | 90 |
| 4.4.3 复式滤波电路 .....     | 90 |
| 4.5 稳压二极管及简单稳压电路 ..... | 91 |
| 4.5.1 稳压管 .....        | 92 |
| 4.5.2 稳压管直流稳压电路 .....  | 93 |
| 本章小结 .....             | 94 |
| 思考题 .....              | 94 |
| 习 题 .....              | 95 |

## 第 5 章 半导体三极管及其应用 .....

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 5.1 半导体三极管及其特性 .....      | 97  |
| 5.1.1 三极管的结构和类型 .....     | 97  |
| 5.1.2 三极管的电流放大原理 .....    | 98  |
| 5.1.3 三极管的特性曲线 .....      | 100 |
| 5.1.4 三极管的主要参数 .....      | 101 |
| 5.1.5 特殊三极管 .....         | 103 |
| 5.2 三极管基本放大电路 .....       | 104 |
| 5.2.1 放大电路的组成 .....       | 104 |
| 5.3 放大电路的分析方法 .....       | 107 |
| 5.3.1 静态工作点的估算法 .....     | 107 |
| 5.3.2 微变等效电路法 .....       | 108 |
| 5.4 三极管放大电路静态工作点的稳定 ..... | 111 |
| 5.4.1 分压式偏置电路的结构特点 .....  | 111 |
| 5.4.2 静态工作点稳定过程 .....     | 112 |
| *5.5 放大器的三种组合状态 .....     | 113 |
| 5.5.1 共集电极放大电路 .....      | 113 |
| 5.5.2 共基极放大器 .....        | 115 |
| 5.5.3 三种基本组态的比较 .....     | 117 |
| 本章小结 .....                | 118 |
| 思考题 .....                 | 118 |
| 习 题 .....                 | 119 |

## 第 6 章 多级交流放大电路 .....

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 6.1 多级电压放大电路 ..... | 122 |
|--------------------|-----|



|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| 6.1.1 阻容耦合多级放大电路 .....                   | 122 |
| 6.1.2 直接耦合多级放大电路 .....                   | 124 |
| *6.1.3 变压器耦合多级放大电路 .....                 | 125 |
| *6.1.4 光电耦合多级放大电路 .....                  | 126 |
| 6.2 放大器中的负反馈 .....                       | 127 |
| 6.2.1 反馈的概念 .....                        | 127 |
| 6.2.2 正反馈与负反馈的判断 .....                   | 127 |
| 6.2.3 直流反馈与交流反馈的判别 .....                 | 128 |
| 6.2.4 电压反馈与电流反馈的判别 .....                 | 129 |
| 6.2.5 串联反馈与并联反馈 .....                    | 129 |
| 6.2.6 四类基本反馈类型的识别与分析 .....               | 130 |
| 6.2.7 反馈放大电路的一般表达式 .....                 | 133 |
| 6.3 负反馈对放大器性能的影响 .....                   | 135 |
| 6.3.1 减小放大倍数 .....                       | 135 |
| 6.3.2 提高放大倍数的稳定性 .....                   | 135 |
| 6.3.3 展宽频带 .....                         | 135 |
| 6.3.4 减小非线性失真及抑制干扰 .....                 | 136 |
| 6.3.5 负反馈对输入、输出电阻的影响 .....               | 136 |
| 6.4 功率放大电路 .....                         | 137 |
| 6.4.1 对功率放大电路的基本要求 .....                 | 137 |
| 6.4.2 互补对称功率放大电路 .....                   | 138 |
| 本章小结 .....                               | 140 |
| 思考题 .....                                | 141 |
| 习 题 .....                                | 142 |
| <b>第7章 集成运算放大器</b> .....                 | 143 |
| 7.1 直流放大电路 .....                         | 143 |
| 7.1.1 直接耦合放大电路 .....                     | 143 |
| 7.1.2 后级接有发射极电阻 $R_{E2}$ 的直接耦合放大电路 ..... | 144 |
| 7.1.3 后级的发射极接有二极管或稳压管的直接耦合放大电路 .....     | 144 |
| 7.2 差动放大电路 .....                         | 144 |
| 7.2.1 差动放大电路的工作原理 .....                  | 145 |
| 7.2.2 差动放大电路的差模放大作用和共模抑制作用 .....         | 146 |
| 7.3 集成电路简介 .....                         | 147 |
| 7.3.1 集成运算放大器的特点 .....                   | 148 |
| 7.3.2 集成运算放大器的基本组成 .....                 | 148 |
| 7.3.3 集成运算放大器的主要性能指标 .....               | 149 |
| 7.3.4 理想运算放大电路 .....                     | 150 |
| 7.4 集成运算放大器构成的运算电路 .....                 | 151 |
| 7.4.1 比例运算电路 .....                       | 151 |



|                        |         |
|------------------------|---------|
| 7.4.2 加法、减法运算电路        | 153     |
| *7.4.3 微分、积分运算电路       | 155     |
| 7.5 集成运算放大器的非线性应用电路    | 156     |
| 7.5.1 比较器              | 157     |
| 7.5.2 方波发生器            | 159     |
| 7.6 集成功率放大器            | 161     |
| *7.7 集成稳压器             | 162     |
| 7.7.1 概述               | 162     |
| 7.7.2 典型应用电路           | 164     |
| 本章小结                   | 165     |
| 思考题                    | 166     |
| 习 题                    | 167     |
| <br>第 8 章 场效应管与晶闸管应用电路 | <br>171 |
| 8.1 场效应管及其放大电路         | 171     |
| 8.1.1 场效应管的特点和分类       | 171     |
| 8.1.2 N 沟道耗尽型绝缘栅场效应管   | 172     |
| 8.1.3 场效应管主要参数         | 175     |
| 8.1.4 场效应管放大电路         | 176     |
| 8.2 晶闸管的结构和工作原理        | 179     |
| 8.2.1 晶闸管的结构、符号        | 179     |
| 8.2.2 晶闸管的工作原理         | 180     |
| 8.2.3 晶闸管的伏安特性曲线       | 181     |
| 8.2.4 晶闸管的主要参数         | 181     |
| 8.3 晶闸管的应用电路           | 182     |
| 8.3.1 晶闸管的整流电路         | 182     |
| 8.3.2 晶闸管的保护           | 186     |
| 8.4 晶闸管触发电路            | 187     |
| 8.4.1 单结晶体管            | 188     |
| *8.4.2 工程实例            | 191     |
| 本章小结                   | 193     |
| 思考题                    | 194     |
| 习 题                    | 195     |
| <br>第 9 章 数字电路简介       | <br>197 |
| 9.1 数字电路概述             | 197     |
| 9.1.1 概述               | 197     |
| 9.1.2 数制               | 198     |
| 9.1.3 二—十进制编码          | 199     |
| 9.2 基本逻辑门电路            | 200     |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 9.2.1 基本逻辑运算         | 200 |
| 9.2.2 其他常用逻辑运算       | 202 |
| *9.3 集成逻辑门电路简介       | 203 |
| 9.3.1 TTL 集成逻辑门电路    | 203 |
| 9.3.2 CMOS 集成逻辑门电路   | 206 |
| 9.4 组合逻辑电路           | 208 |
| 9.4.1 逻辑函数的表示方法      | 208 |
| 9.4.2 逻辑函数的化简        | 210 |
| 9.4.3 组合逻辑电路的分析和设计   | 212 |
| 9.4.4 加法器            | 214 |
| 9.5 集成触发器            | 216 |
| 9.5.1 概述             | 216 |
| 9.5.2 基本 RS 触发器      | 217 |
| 9.5.3 主从 RS 触发器      | 219 |
| 9.5.4 D 触发器          | 222 |
| *9.5.5 寄存器           | 223 |
| 9.6 计数器              | 225 |
| 9.6.1 二进制计数器         | 225 |
| 9.6.2 二—十进制计数器       | 226 |
| 9.7 编码器、译码器和数码显示     | 227 |
| 9.7.1 编码器            | 227 |
| 9.7.2 译码器            | 229 |
| 9.7.3 显示器            | 234 |
| 9.8 D/A 转换器          | 237 |
| 9.8.1 D/A 转换器的基本原理   | 237 |
| 9.8.2 D/A 转换器的构成     | 238 |
| 9.8.3 DAC0832        | 239 |
| 9.9 A/D 转换器          | 241 |
| 9.9.1 A/D 转换器的基本原理   | 241 |
| 9.9.2 A/D 转换器的主要技术指标 | 242 |
| 9.9.3 ADC0809        | 243 |
| 本章小结                 | 245 |
| 思考题                  | 246 |
| 习 题                  | 246 |
| 学生实验                 | 250 |
| 实验一 认识实验(一)          | 250 |
| 实验一 认识实验(二)          | 251 |
| 实验二 基尔霍夫定律及叠加原理的验证   | 255 |
| 实验三 三相交流电路           | 257 |



|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 实验四 整流滤波电路·····                         | 259 |
| 实验五 交流电压放大电路·····                       | 261 |
| 实验六 集成运算放大器·····                        | 263 |
| 实验七 组合逻辑电路的设计与测试·····                   | 266 |
| 实验八 译码器及其应用·····                        | 268 |
| 附录 I 半导体器件型号命名方法国家标准(GB249-74)·····     | 273 |
| 附录 II 半导体集成电路型号命名方法国家标准(GB3430-82)····· | 274 |
| 附录 III 部分集成运放技术指标·····                  | 275 |
| 主要参考文献·····                             | 276 |



# 第1章 直流电路



所有电气设备的运行,都要依靠电流的作用。要想产生电流,就需要构成电路。本章主要介绍有关电路的基本概念和电路的基本定律。

## 1.1 电路及其基本物理量

### 1.1.1 电路的组成及其功能

电路就是电流流通的闭合路径,是为了满足某种需要由一些电气设备和器件按一定方式组合而成的。

如图 1-1 (a) 所示是一个简单的电路。将开关合上,电路中有电流流过,电灯发亮;断开开关,电灯熄灭,说明电路中没有电流。

一个简单电路一般由电源、负载、开关和导线四部分组成。

#### 1. 电源

电源是向电路提供电能的装置。其作用是把其他形式的能转换为电能。常见的电源有干电池、蓄电池、发电机、信号源等。

#### 2. 负载

负载也叫用电器,是各种用电设备的总称。其作用是把电能转换成其他形式的能,如电灯、电动机、电加热器、电阻、电感、电容等。

#### 3. 开关

开关是控制和保护电路的电器设备。其作用是接通和断开电路,保护电路的安全,使电路能正常工作,如组合开关、熔断器、继电器等。

#### 4. 导线

导线是连接电源和负载的导体。其作用是输送和分配电能,如铜线、铝线等。

电路根据其电源性质可分为直流电路和交流电路。根据电流流通的路径可分为内电路和外电路。电源内部的电路称为内电路,其电流由电源的负极流向正极;从电源一端经过开关、负载和导线,再回到电源另一端的电路称为外电路,其电流是由电源的正极流向负极;外电路和内电路构成的闭合电路称为全电路。

任何电路都可以用电路图来表示,它是用统一规定的图形符号画出的表示电路实际连接情况的电路模型图,用来分析和计算电路,如图 1-1 (b) 所示。

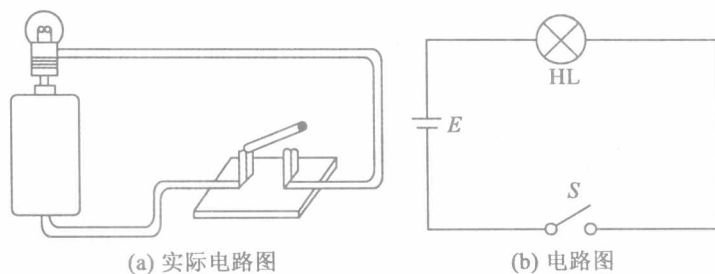


图 1-1 电路图

电路的功能：其一，是实现电能的传输、分配和转换，如电力系统中的输电电路是发电机组将其他形式的能量转换成电能，通过变压器输电线等输送给各用户，再把电能转换成机械能、光能、热能等。其二，是实现信号的传递和处理。如收音机是把收到的电磁波信号，通过电路变换或处理为扬声器所需要的输出信号，还原为声音。

### 1.1.2 电路的基本物理量

电路的功能是通过电流、电压和电动势来实现的。本节就讨论这几个物理量。

#### 1. 电流

电荷的定向运动称为电流。它实际上是由带电粒子做定向移动而形成的。

电流形成的内因是物体内部要有自由电荷；外因是有电场（或者说有电压）作用于物体，两者缺一不可。

电流既是一种物理现象，又是一个用来衡量导体中电流大小（或者说带电粒子作定向运动的强弱）的物理量，通常称为电流强度。电流强度在数值上等于单位时间内通过导体横截面的电荷量，用符号  $I$  表示。用公式表示

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

式中  $I$ ——电流强度，单位 A（安培，简称安）；

$t$ ——通过电荷量所用的时间，单位 s（秒）；

$Q$ ——通过导体横截面的电荷量，单位 C（库仑）。

电流的常用单位还有 mA（毫安）和  $\mu\text{A}$ （微安），即

$$1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A}$$

【例 1-1】某导体在 4 min 内均匀流过横截面的电荷量为 24C，问流过该导体的电流是多少 mA？

已知： $Q = 24\text{C}$ ， $t = 4 \times 60 = 240\text{s}$ 。求： $I$ 。

$$\text{解 } I = \frac{Q}{t} = \frac{24}{240} = 100\text{mA}$$

#### 2. 电流的方向

规定正电荷定向运动的方向为电流方向。在金属导体中，电流的方向与自由电子定向运动的方向是相反的。电流的方向在电路图中用带箭头的线段表示，如图 1-2 所示。

凡大小和方向都不随时间变化的电流称为直流电流或稳恒电流，简称 DC。凡大小和方向都随时间变化的电流称为交流电流或交变电流，简称 AC。直流电流和交流电流的波形图，如图 1-3 所示。