



侯文明 李振军等编

# 电工电子技术基础

纺织工业出版社

# 电工电子技术基础

侯文明 李振军 等编

纺织工业出版社

(京)新登字037号

## 内 容 提 要

本书包括电工学、电子学的基础知识,并根据电算技术的发展适当增加微型计算机控制技术基础及纺织工业中常用的一些控制电路。本书深入浅出,通俗易懂。可作为纺织专业学校及纺织人员培训教材,也可作为机械维修人员和管理人员的参考或自学用书。

责任编辑:王 颖

## 电工电子技术基础

侯文明 李康敏 等编

\*

纺织工业出版社发行

(北京东直门南大街4号)

电话: 4662932 邮编: 100027

北京飞达印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

787×1092毫米1/32印张:  $12\frac{8}{32}$  字数: 275千字

1993年11月 第一版第一次印刷

印数: 1—5,000 定价: 12.00元

ISBN7-5064-0901-1/TM·0003

## 前 言

电的应用极为广泛，在现代工业生产和人们日常生活中到处可见。随着科学技术的发展，电能在工业、农业、交通、运输、国防以及日常生活中的应用越来越广。近年来，由于计算机的应用，工业生产的自动化技术又有新的飞跃。办公自动化也开始普及，对电工电子技术提出了更新的要求。

本书在保证必要的理论知识基础上，密切联系纺织厂的实际设备，加强实用内容，揉合机电一体化和电气自动控制的一些新知识，适当拓宽知识面。内容叙述深入浅出，突出物理概念，力图避免繁琐的数学推导，以便于自学。本书可作为纺织专业学校大、中专非电类专业的教学用书，也可作为纺织厂的机械维修人员、生产第一线的管理人员掌握必要的电工电子知识的培训教材。

本书共十四章，第一、二、三、十章由侯文明编写；第四、七、十二、十三章由李振军编写；第五、六、八章由杨民之编写；第九、十一章由卢淑敏编写；第十四章由关鸿章编写。

本书由李振军、侯文明统稿，河北纺织工业学校詹子龄主审。

由于编者水平有限，书中难免有不足之处，敬请各位读者批评指正。

编者

1992·4

# 目 录

|                     |      |
|---------------------|------|
| 第一章 直流电路            | (1)  |
| 第一节 电路的基本概念         | (1)  |
| 一、电路的组成             | (1)  |
| 二、电路的基本物理量          | (1)  |
| 第二节 电路的工作状态         | (3)  |
| 一、通路状态              | (4)  |
| 二、断路状态              | (5)  |
| 三、短路状态              | (5)  |
| 第三节 电路中电位的计算        | (6)  |
| 第四节 克希荷夫定律与复杂电路计算   | (8)  |
| 一、克希荷夫第一定律 (节点电流定律) | (9)  |
| 二、克希荷夫第二定律 (回路电压定律) | (9)  |
| 三、支路电流法             | (9)  |
| 第五节 电压源和电流源         | (10) |
| 一、电压源               | (10) |
| 二、电流源               | (12) |
| 三、电压源和电流源的等效互换      | (12) |
| 第六节 叠加原理            | (14) |
| 习 题                 | (16) |
| 第二章 正弦交流电路          | (19) |
| 第一节 正弦交流电的基本概念      | (19) |
| 一、正弦交流电的周期和频率       | (19) |
| 二、正弦交流电的瞬时值、最大值和    |      |

|                    |      |
|--------------------|------|
| 有效值                | (20) |
| 三、正弦交流电的相位、初相位和相位差 | (21) |
| 第二节 正弦交流电的相量表示法    | (24) |
| 一、复数及其运算           | (24) |
| 二、相量表示法            | (27) |
| 第三节 纯电阻电路          | (28) |
| 一、电压与电流的关系         | (29) |
| 二、电路中的功率           | (29) |
| 第四节 纯电感电路          | (30) |
| 一、电压与电流的关系         | (30) |
| 二、电路中的功率           | (32) |
| 第五节 纯电容电路          | (33) |
| 一、电压与电流的关系         | (34) |
| 二、电路中的功率           | (35) |
| 第六节 电阻与电感的串联电路     | (36) |
| 一、电压与电流的相位关系       | (36) |
| 二、电压与电流的数量关系       | (37) |
| 三、功率和功率因数          | (38) |
| 第七节 电感性负载与电容器并联的电路 | (40) |
| 第八节 提高功率因数的意义      | (43) |
| 第九节 三相交流电路         | (45) |
| 一、三相交流电源           | (45) |
| 二、三相负载的星形连接        | (47) |
| 三、三相对称负载的三角形连接     | (50) |
| 习 题                | (52) |
| 第三章 变压器            | (55) |
| 第一节 概述             | (55) |

|                  |      |
|------------------|------|
| 第二节 电力变压器的基本结构   | (56) |
| 一、变压器的铁芯         | (56) |
| 二、变压器的绕组         | (57) |
| 三、油箱及其他附件        | (57) |
| 第三节 变压器的技术性能     | (58) |
| 一、变压器的型号         | (59) |
| 二、变压器的额定值        | (60) |
| 第四节 单相变压器的工作原理   | (60) |
| 一、变压器的空载运行       | (60) |
| 二、变压器的负载运行       | (62) |
| 三、变压器的外特性        | (62) |
| 四、变压器的功率和效率      | (63) |
| 第五节 三相变压器        | (63) |
| 第六节 自耦变压器        | (65) |
| 习 题              | (66) |
| 第四章 交流电动机        | (68) |
| 第一节 三相异步电动机的结构   | (68) |
| 一、定子             | (69) |
| 二、转子             | (69) |
| 第二节 三相异步电动机的工作原理 | (72) |
| 一、旋转磁场           | (72) |
| 二、工作原理           | (74) |
| 第三节 异步电动机的机械特性   | (75) |
| 第四节 异步电动机的使用     | (76) |
| 一、异步电动机的技术性能     | (76) |
| 二、异步电动机的起动       | (77) |
| 三、异步电动机的反转       | (79) |

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 四、异步电动机的调速·····        | (80)  |
| 第五节 异步电动机的选择和维护·····   | (82)  |
| 一、电动机的选择·····          | (82)  |
| 二、电动机的维护·····          | (83)  |
| 第六节 电动机常见故障及处理方法·····  | (83)  |
| 习 题·····               | (85)  |
| 第五章 直流电动机·····         | (87)  |
| 第一节 直流电动机的工作原理·····    | (87)  |
| 第二节 直流电动机按励磁方式的分类····· | (88)  |
| 一、他励电动机·····           | (88)  |
| 二、并励电动机·····           | (88)  |
| 三、串励电动机·····           | (89)  |
| 四、复励电动机·····           | (89)  |
| 第三节 并励电动机的机械特性·····    | (90)  |
| 一、直流电动机的电枢电势·····      | (90)  |
| 二、直流电动机的电磁转矩·····      | (90)  |
| 三、并励电动机的机械特性·····      | (91)  |
| 第四节 并励电动机的使用·····      | (92)  |
| 一、并励电动机的起动·····        | (92)  |
| 二、并励电动机的反转·····        | (93)  |
| 三、并励电动机的调速·····        | (93)  |
| 习 题·····               | (95)  |
| 第六章 纺织工业中常用的微特电机·····  | (96)  |
| 第一节 单相异步电动机·····       | (96)  |
| 第二节 伺服电动机·····         | (99)  |
| 第三节 步进电动机·····         | (102) |
| 第四节 交流力矩电动机·····       | (104) |

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| 一、卷绕特性力矩电动机.....        | (105) |
| 二、导辊特性力矩电动机.....        | (105) |
| 习 题 .....               | (106) |
| 第七章 常用低压电器及控制电路.....    | (107) |
| 第一节 常用低压电器.....         | (107) |
| 一、低压开关.....             | (107) |
| 二、主令电器.....             | (110) |
| 三、熔断器.....              | (112) |
| 四、接触器.....              | (113) |
| 五、继电器.....              | (116) |
| 第二节 三相异步电动机基本控制电路.....  | (121) |
| 一、三相异步电动机的正转控制电路.....   | (121) |
| 二、三相异步电动机的正反转控制电路.....  | (123) |
| 三、三相异步电动机的降压起动控制电路..... | (124) |
| 第三节 低压电器在纺织工业中的应用.....  | (126) |
| 一、自动抓棉机电气控制.....        | (126) |
| 二、喷气织机的电气控制.....        | (128) |
| 第四节 电器常见故障分析.....       | (129) |
| 一、交流接触器常见故障及处理方法.....   | (129) |
| 二、热继电器的常见故障及处理方法.....   | (130) |
| 习 题 .....               | (130) |
| 第八章 安全用电.....           | (132) |
| 第一节 触电.....             | (132) |
| 一、电击.....               | (132) |
| 二、电伤.....               | (132) |
| 第二节 触电方式.....           | (133) |
| 第三节 保护接地与保护接零.....      | (134) |

|                   |       |
|-------------------|-------|
| 一、保护接地            | (134) |
| 二、保护接零            | (135) |
| 第四节 安全用电常识        | (138) |
| 第五节 触电急救          | (139) |
| 一、解脱电源            | (139) |
| 二、紧急救护            | (139) |
| 第六节 电气火灾及其防救      | (139) |
| 习 题               | (141) |
| 第九章 晶体二极管整流与稳压电路  | (142) |
| 第一节 半导体基本知识       | (142) |
| 一、本征半导体           | (142) |
| 二、杂质半导体           | (144) |
| 三、PN结的形成及单向导电性    | (145) |
| 第二节 晶体二极管         | (147) |
| 一、晶体二极管的结构        | (148) |
| 二、晶体二极管的伏安特性      | (148) |
| 三、晶体二极管的主要参数      | (149) |
| 四、晶体二极管的极性与质量优劣判断 | (149) |
| 第三节 整流电路          | (150) |
| 一、单相半波整流电路        | (151) |
| 二、单相桥式全波整流电路      | (154) |
| 三、三相整流电路          | (156) |
| 四、倍压整流电路          | (161) |
| 第四节 滤波电路          | (163) |
| 一、电容滤波            | (163) |
| 二、电感滤波            | (164) |
| 三、复式滤波            | (165) |

|                  |       |
|------------------|-------|
| 第五节 硅稳压二极管及稳压电路  | (166) |
| 一、硅稳压管           | (166) |
| 二、硅稳压管的主要参数      | (167) |
| 三、稳压管并联型稳压电路     | (167) |
| 习 题              | (168) |
| 第十章 晶体管放大电路      | (171) |
| 第一节 晶体三极管        | (171) |
| 一、晶体三极管的结构       | (171) |
| 二、晶体管的电流放大作用     | (172) |
| 三、晶体管的特性曲线       | (173) |
| 四、晶体管的主要参数       | (175) |
| 第二节 单管电压放大器      | (176) |
| 一、电路组成           | (176) |
| 二、放大电路的静态工作点     | (176) |
| 三、电压放大原理         | (181) |
| 第三节 放大器的微变等效电路法  | (183) |
| 一、晶体管的简化等效电路     | (183) |
| 二、共发射极放大器的微变等效电路 | (184) |
| 三、放大电路性能指标的分析    | (185) |
| 第四节 多级放大器        | (186) |
| 一、两级阻容耦合放大器      | (187) |
| 二、阻容耦合放大器的频率特性   | (189) |
| 第五节 负反馈放大器       | (190) |
| 一、反馈的基本概念        | (190) |
| 二、负反馈对放大器性能的影响   | (191) |
| 三、直流负反馈用于稳定静态工作点 | (191) |
| 四、射极输出器          | (193) |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| 第六节 功率放大器       | (195) |
| 第七节 集成运算放大器     | (196) |
| 一、集成运算放大器的性能    | (197) |
| 二、线性运算电路        | (198) |
| 三、电压比较器         | (200) |
| 第八节 放大器在纺织中的应用  | (201) |
| 一、光电式电子清纱器      | (201) |
| 二、红外测温          | (202) |
| 习 题             | (203) |
| 第十一章 晶闸管及其应用    | (206) |
| 第一节 晶闸管         | (207) |
| 一、晶闸管的结构        | (207) |
| 二、晶闸管的工作情况      | (207) |
| 三、晶闸管的主要参数      | (209) |
| 第二节 可控整流电路      | (210) |
| 一、单相半波可控整流电路    | (210) |
| 二、单相半控桥式整流电路    | (214) |
| 第三节 晶闸管的保护与简易测试 | (215) |
| 一、晶闸管的过电流保护     | (216) |
| 二、晶闸管的过电压保护     | (216) |
| 三、晶闸管的简易测试      | (217) |
| 第四节 晶闸管的触发电路    | (218) |
| 一、单结晶体管         | (218) |
| 二、单结晶体管触发电路     | (221) |
| 第五节 晶闸管的应用举例    | (224) |
| 一、晶闸管直流电动机调速    | (224) |
| 二、异步电动机变频调速简介   | (227) |

|                |       |
|----------------|-------|
| 三、多功能电路        | (229) |
| 习 题            | (231) |
| 第十二章 脉冲数字电路    | (233) |
| 第一节 逻辑门电路      | (233) |
| 一、晶体管的开关作用     | (234) |
| 二、基本逻辑门电路      | (236) |
| 三、TTL集成与非门     | (243) |
| 四、MOS逻辑门电路     | (245) |
| 五、三态门          | (250) |
| 第二节 双稳态触发器     | (251) |
| 一、RS触发器        | (251) |
| 二、JK触发器        | (254) |
| 三、D触发器         | (256) |
| 四、T触发器         | (258) |
| 第三节 555时基电路    | (259) |
| 一、555时基电路的工作原理 | (260) |
| 二、555时基电路应用举例  | (262) |
| 第四节 基本数字部件     | (266) |
| 一、数制及其转换       | (266) |
| 二、寄存器          | (268) |
| 三、计数器          | (270) |
| 四、译码器          | (273) |
| 五、数码显示电路       | (275) |
| 第五节 数字电路应用举例   | (278) |
| 一、“表决”电路       | (279) |
| 二、人体疲劳验测器      | (279) |
| 三、雷雨测距表        | (280) |

|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| 四、高低电平测试仪·····                     | (281) |
| 五、转速数字测量系统·····                    | (283) |
| 习 题 ·····                          | (283) |
| 第十三章 检测电路·····                     | (285) |
| 第一节 常用传感器的传感原理·····                | (285) |
| 一、触点式传感器·····                      | (285) |
| 二、电阻式传感器·····                      | (286) |
| 三、光电式传感器·····                      | (287) |
| 四、电容式传感器·····                      | (289) |
| 第二节 传感器在纺织中的应用·····                | (290) |
| 一、光电传感器对棉箱棉量的控制·····               | (290) |
| 二、电容式传感器对棉条条干不匀的检测·····            | (291) |
| 三、电阻式传感器在张力控制及多电机拖<br>动系统中的应用····· | (292) |
| 四、光电整纬装置简介·····                    | (294) |
| 习 题 ·····                          | (297) |
| 第十四章 微型计算机控制技术基础·····              | (298) |
| 第一节 计算机基本知识·····                   | (298) |
| 一、微型计算机基本工作原理·····                 | (298) |
| 二、微型计算机的工作过程·····                  | (301) |
| 三、微型计算机常用的几个术语·····                | (303) |
| 四、带符号数的表示·····                     | (303) |
| 第二节 微型计算机硬件基础·····                 | (304) |
| 一、Z80-CPU的结构·····                  | (304) |
| 二、半导体存储器·····                      | (309) |
| 第三节 Z80的指令系统·····                  | (315) |
| 一、数据传送指令·····                      | (315) |

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| 二、交换指令组 .....            | (319) |
| 三、算术和逻辑指令 .....          | (320) |
| 四、通用算术和CPU控制指令 .....     | (322) |
| 五、移位指令 .....             | (324) |
| 六、位操作指令 .....            | (325) |
| 七、转移指令 .....             | (326) |
| 八、输入输出指令 .....           | (328) |
| 第四节 汇编语言程序设计 .....       | (329) |
| 一、Z80汇编语言规定 .....        | (329) |
| 二、汇编语言程序设计实例 .....       | (331) |
| 第五节 Z80-CPU中断系统 .....    | (334) |
| 一、中断请求信号的输入 .....        | (334) |
| 二、寻找中断源、确定优先权 .....      | (335) |
| 三、获得中断服务程序的入口地址 .....    | (336) |
| 第六节 Z80可编程接口芯片 .....     | (337) |
| 一、Z80并行输入输出接口PIO .....   | (337) |
| 二、PIO的程序设计 .....         | (342) |
| 三、CTC可编程序接口芯片 .....      | (345) |
| 四、CTC的程序设计 .....         | (349) |
| 第七节 微型计算机控制应用举例 .....    | (351) |
| 一、直流电动机开环脉冲调速系统 .....    | (352) |
| 二、剪切机的微型计算机自动控制 .....    | (355) |
| 三、织布机产量微电脑统计器 .....      | (361) |
| 习 题 .....                | (371) |
| 附录 半导体器件及集成电路的型号命名 ..... | (373) |
| 参考文献 .....               | (378) |

# 第一章 直流电路

用电必须有电路。电路是电流通过的途径。本章从电路的基本物理量和基本定律出发，重点讨论电路的基本知识和分析电路的基本方法。这些分析方法虽在直流电路中提出，但也是分析交流电路的基础，十分重要。

## 第一节 电路的基本概念

### 一、电路的组成

电路就是电流通过的路径。图1-1为最基本的简单电路。它由电源、负载、连接导线和开关等组成。对电源来讲，负载、连接导线和开关统称外电路，电源内部的那段电路称为内电路。

电源是将其他形式的能量转换为电能的装置。例如，图1-1中的电源是一台发电机G，它把机械能转换为电能。E为电源的电动势， $R_0$ 为电源的内阻。负载（即用电设备）是将电能转换成其他形式能量的装置，例如电动机、电灯等。电动机将电能转换成机械能，电灯将电能转换成光能。连接导线传输电能，开关S和熔断器FU分别起控制和保护电路的作用。

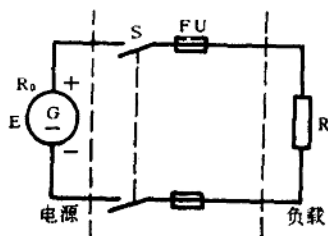


图1-1 电路的组成

电动机将电能转换成机械能，电灯将电能转换成光能。连接导线传输电能，开关S和熔断器FU分别起控制和保护电路的作用。

### 二、电路的基本物理量

1. 电动势 ( $E$ ) 在电源内部, 电源将其他形式的能量局外力对电荷做功, 把正电荷从电源的负极经电源内部移向转换成正极, 提高了电荷的电位能。局外力把单位正电荷从电源的负极 (低电位端) 移到正极 (高电位端) 所做的功, 称为电源的电动势, 电动势的方向规定为由低电位端指向高电位端, 见图1-2。

电动势的单位为伏〔特〕 ( $V$ )。

2. 电压 ( $U$ ) 电源的正极积聚正电荷, 电源的负极积聚负电荷。电源两极积聚的电荷形成电场, 其方向由电源的正极 (高电位端) 指向负极 (低电位端)。电场力使正电荷从高电位端经过负载移向低电位端, 正电荷所具有的电位能逐渐减小, 从而把电能转换为其他形式的能量。

电场力把单位正电荷从高电位端移到低电位端所做的功称为电源两端的电压 (电位差)。电压的方向规定为从高电位端指向低电位端, 见图1-2。

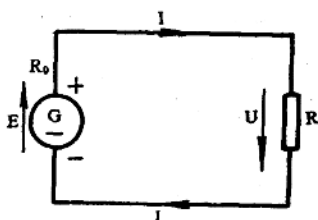


图1-2 电动势、电压和电流的方向

电压的单位也是伏〔特〕 ( $V$ )。

3. 电流 ( $I$ ) 电荷有规则的定向运动形成电流。正电荷运动的方向规定为电流的方向, 见图1-2。

电流的大小用单位时间内通过导体截面的电荷量来度量。称为电流强度, 用符号  $I$  表示, 即

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

式中  $Q$  表示  $t$  时间内通过导体截面的电荷量。若电荷量