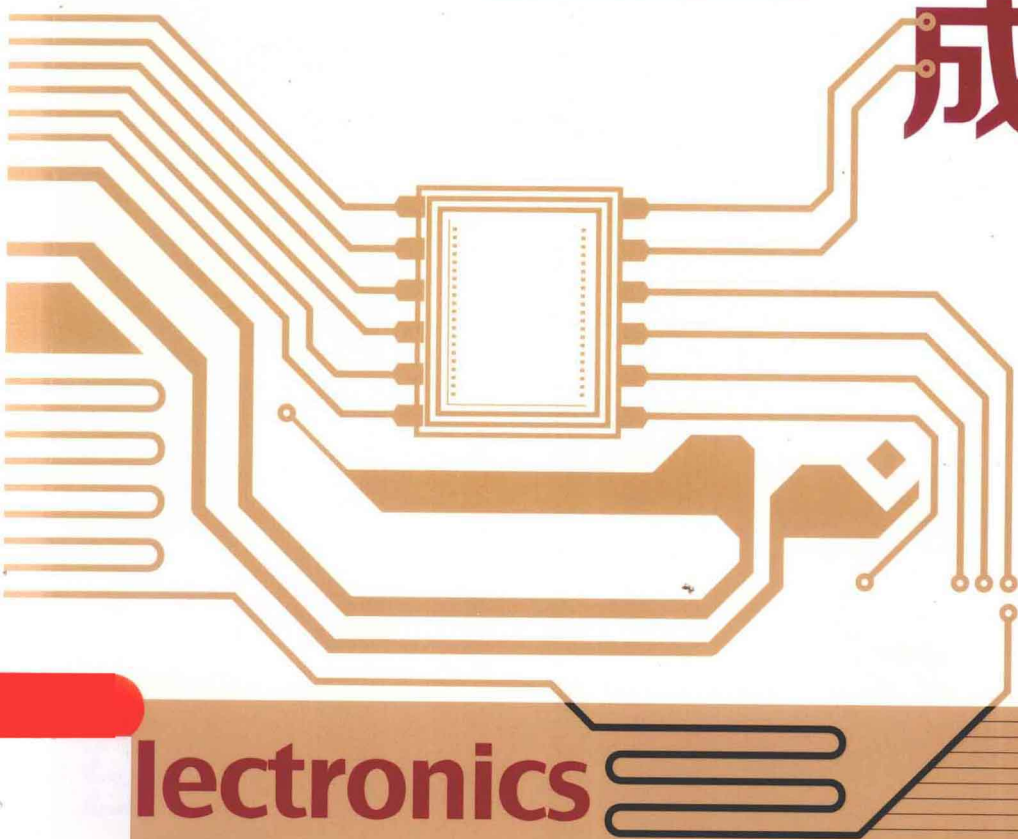


电子工程师 自学速成



蔡杏山 主编

入门篇



electronics

+

Engineer



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

电子工程师 自学速成



蔡杏山 主编

—— 入门篇

> Electronics

Engineer

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

电子工程师自学速成. 入门篇 / 蔡杏山主编. — 北京: 人民邮电出版社, 2014.1
ISBN 978-7-115-33145-8

I. ①电… II. ①蔡… III. ①电子技术 IV. ①TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第219577号

内 容 提 要

“电子工程师自学速成”丛书分为“入门篇”、“提高篇”和“设计篇”共3本。本书为“入门篇”，主要介绍了电子技术入门基础、电子元器件（电阻器、电容器、电感器、变压器、二极管、三极管、光电器件、电声器件、晶闸管、场效应管、IGBT、继电器、干簧管、显示器件、贴片元器件、集成电路和传感器）、基础电子电路、收音机与电子产品的检修、电子测量基础、指针万用表、数字万用表、信号发生器、毫伏表、示波器、频率计和扫频仪等内容。

本书具有基础起点低、内容由浅入深、语言通俗易懂、结构安排符合学习认知规律的特点。本书适合作为电子工程师入门的自学图书，也适合作为职业学校和社会培训机构的电子技术入门教材。

-
- ◆ 主 编 蔡杏山
责任编辑 张 鹏
责任印制 彭志环 焦志炜
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市潮河印业有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 25
字数: 669千字
印数: 1-4000册
- 2014年1月第1版
2014年1月河北第1次印刷
-

定价: 55.00元

读者服务热线: (010) 81055410 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

前言

“电子技术无处不在”，小到身边的随身听，大到“神舟飞船”，无一不闪现着电子技术的身影。电子技术应用于社会的众多领域，根据应用领域的不同，电子技术可分为家庭消费电子技术（如电视机）、通信电子技术（如移动电话）、工业电子技术（如变频器）、机械电子技术（如智能机器人控制系统）、医疗电子技术（如B超机）、汽车电子技术（如汽车电气控制系统）、消费数码电子技术（如数码相机）和军事科技电子技术（如导弹制导系统）等。

电子工程师是指从事各类电子产品和信息系统研究、教学、产品设计、科技开发、生产和管理等工作的高级工程技术人才。电子工程师一般分为硬件电子工程师和软件电子工程师，其中硬件电子工程师主要负责运用各种电子工具进行电子产品的装配、测试和维修等工作，其工作是技术与手动操作的结合；软件电子工程师主要负责分析、设计电路图，制作印制电路板（PCB），以及对嵌入式系统（如单片机）进行编程等工作。

为了让读者能够轻松快速地进入电子工程师行列，我们推出了“电子工程师自学速成”丛书，该丛书分为“入门篇”、“提高篇”和“设计篇”共3本，各书内容说明如下。

《电子工程师自学速成——入门篇》的内容包括电子技术入门基础、电子元器件（电阻器、电容器、电感器、变压器、二极管、三极管、光电器件、电声器件、晶闸管、场效应管、IGBT、继电器、干簧管、显示器件、贴片元器件、集成电路和传感器）、基础电子电路、收音机与电子产品的检修、电子测量基础、指针万用表、数字万用表、信号发生器、毫伏表、示波器、频率计和扫频仪等。

《电子工程师自学速成——提高篇》的内容包括模拟电路和数字电路两大部分，其中模拟电路部分的内容有电路分析基础、放大电路、放大器、谐振电路、滤波电路、振荡器、调制电路、解调电路、变频电路、反馈控制电路、电源电路和晶闸管电路，数字电路部分的内容有数字电路基础、门电路、数制、编码、逻辑代数、组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲电路、D/A转换器、A/D转换器和半导体存储器。

《电子工程师自学速成——设计篇》的内容包括单片机技术和Protel电路绘图设计两大部分，其中单片机技术部分的内容有单片机入门、单片机硬件原理、单片机的开发过程、单片机编程、中断技术、定时器/计数器、串行通信技术和接口技术，Protel电路绘图设计部分的内容有Protel软件入门、设计电路原理图、制作新元件、手工设计PCB、自动设计PCB和制作新元件封装。

“电子工程师自学速成”丛书主要有以下特点。

- ◆ **基础起点低。**读者只需具有初中文化程度即可阅读本套丛书。
- ◆ **语言通俗易懂。**书中少用专业化的术语，遇到较难理解的内容用形象的比喻说明，尽量避免复杂的理论分析和烦琐的公式推导，使得图书阅读起来十分顺畅。

◆ **内容解说详细。**考虑到自学时一般无人指导，因此在本套丛书编写过程中对书中的知识和技能进行了详细解说，让读者能轻松理解所学内容。

◆ **采用图文并茂的表现方式。**书中大量采用读者喜欢的直观形象的图表方式表现内容，使阅读变得非常轻松，不易产生阅读疲劳。

◆ **内容安排符合认知规律。**图书按照循序渐进、由浅入深的原则来确定各章节内容的先后顺序，读者只需从前往后阅读图书，便会水到渠成。

◆ **突出显示知识要点。**为了帮助读者掌握书中的知识要点，书中用阴影和文字加粗的方法突出显示知识要点，指示学习重点。

◆ **网络免费辅导。**读者在阅读时遇到难理解的问题可登录易天教学网：www.eTV100.com，观看有关辅导材料或向老师提问进行学习，读者也可以在该网站了解本套丛书的新书信息。

本套丛书在编写过程中得到了许多老师的支持，其中，蔡玉山、詹春华、黄勇、何慧、黄晓玲、蔡春霞、邓艳姣、刘凌云、刘海峰、刘元能、邵永亮、万四香、何宗昌、朱球辉、何彬、李清荣、蔡理刚、何丽、蔡华山、梁云、蔡理峰、唐颖、王娟、蔡任英和邵永明等参与了书中资料的收集和部分章节的编写工作，在此一致表示感谢。由于我们水平有限，书中的错误和疏漏在所难免，望广大读者和同仁予以批评指正。

编者

第 1 章

电子技术入门基础

| | |
|-------------------|----|
| 1.1 基本概念与规律 | 1 |
| 1.1.1 电路与电路图 | 1 |
| 1.1.2 电流与电阻 | 1 |
| 1.1.3 电位、电压和电动势 | 3 |
| 1.1.4 电路的 3 种状态 | 4 |
| 1.1.5 接地与屏蔽 | 4 |
| 1.1.6 欧姆定律 | 5 |
| 1.1.7 电功、电功率和焦耳定律 | 6 |
| 1.2 电阻的连接方式 | 8 |
| 1.2.1 电阻的串联 | 8 |
| 1.2.2 电阻的并联 | 8 |
| 1.2.3 电阻的混联 | 9 |
| 1.3 直流电与交流电 | 9 |
| 1.3.1 直流电 | 9 |
| 1.3.2 交流电 | 10 |
| 1.4 万用表的使用 | 13 |
| 1.4.1 指针万用表的使用 | 13 |
| 1.4.2 数字万用表的使用 | 20 |

第 2 章

电阻器

| | |
|-----------------|----|
| 2.1 固定电阻器 | 23 |
| 2.1.1 实物外形与图形符号 | 23 |
| 2.1.2 功能 | 23 |

| | |
|--------------------|----|
| 2.1.3 标称阻值 | 24 |
| 2.1.4 标称阻值系列 | 27 |
| 2.1.5 额定功率 | 27 |
| 2.1.6 选用 | 28 |
| 2.1.7 检测 | 29 |
| 2.1.8 种类 | 30 |
| 2.1.9 电阻器的型号命名方法 | 30 |
| 2.2 电位器 | 31 |
| 2.2.1 实物外形与图形符号 | 31 |
| 2.2.2 结构与原理 | 32 |
| 2.2.3 应用 | 32 |
| 2.2.4 种类 | 33 |
| 2.2.5 主要参数 | 34 |
| 2.2.6 检测 | 35 |
| 2.2.7 选用 | 36 |
| 2.3 敏感电阻器 | 36 |
| 2.3.1 热敏电阻器 | 36 |
| 2.3.2 光敏电阻器 | 38 |
| 2.3.3 压敏电阻器 | 40 |
| 2.3.4 湿敏电阻器 | 42 |
| 2.3.5 气敏电阻器 | 43 |
| 2.3.6 力敏电阻器 | 45 |
| 2.3.7 磁敏电阻器 | 46 |
| 2.3.8 敏感电阻器的型号命名方法 | 47 |
| 2.4 排阻 | 48 |
| 2.4.1 实物外形 | 49 |
| 2.4.2 命名方法 | 49 |
| 2.4.3 种类与结构 | 49 |

第3章

电容器

- 3.1 固定电容器..... 51
 - 3.1.1 结构、实物外形与图形符号..... 51
 - 3.1.2 主要参数..... 51
 - 3.1.3 性质..... 52
 - 3.1.4 极性..... 55
 - 3.1.5 种类..... 56
 - 3.1.6 串联与并联..... 58
 - 3.1.7 容量与误差的标注方法..... 59
 - 3.1.8 检测..... 61
 - 3.1.9 选用..... 62
 - 3.1.10 电容器的型号命名方法..... 62
- 3.2 可变电容器..... 63
 - 3.2.1 微调电容器..... 63
 - 3.2.2 单联电容器..... 64
 - 3.2.3 多联电容器..... 65

第4章

电感器与变压器

- 4.1 电感器..... 66
 - 4.1.1 实物外形与图形符号..... 66
 - 4.1.2 主要参数与标注方法..... 66
 - 4.1.3 性质..... 68
 - 4.1.4 种类..... 69
 - 4.1.5 检测..... 71
 - 4.1.6 选用..... 71
 - 4.1.7 电感器的型号命名方法..... 71
- 4.2 变压器..... 72
 - 4.2.1 实物外形与图形符号..... 72
 - 4.2.2 结构、原理和功能..... 72
 - 4.2.3 特殊绕组变压器..... 74
 - 4.2.4 种类..... 74
 - 4.2.5 主要参数..... 76
 - 4.2.6 检测..... 77
 - 4.2.7 选用..... 78
 - 4.2.8 变压器的型号命名方法..... 78

第5章

二极管

- 5.1 二极管基础知识..... 80
 - 5.1.1 半导体..... 80
 - 5.1.2 二极管简介..... 80
 - 5.1.3 整流二极管与整流桥..... 85
 - 5.1.4 开关二极管..... 86
 - 5.1.5 二极管的型号命名方法..... 87
- 5.2 稳压二极管..... 88
 - 5.2.1 实物外形与图形符号..... 88
 - 5.2.2 工作原理..... 89
 - 5.2.3 应用..... 89
 - 5.2.4 主要参数..... 90
 - 5.2.5 检测..... 90
- 5.3 变容二极管..... 91
 - 5.3.1 实物外形与图形符号..... 91
 - 5.3.2 工作原理..... 91
 - 5.3.3 主要参数..... 93
 - 5.3.4 检测..... 93
- 5.4 双向触发二极管..... 93
 - 5.4.1 实物外形与图形符号..... 93
 - 5.4.2 性质..... 94
 - 5.4.3 检测..... 95
- 5.5 双基极二极管..... 95
 - 5.5.1 实物外形、图形符号、结构和等效图..... 95
 - 5.5.2 工作原理..... 96
 - 5.5.3 检测..... 97
- 5.6 肖特基二极管..... 98
 - 5.6.1 实物外形与图形符号..... 98
 - 5.6.2 特点、应用和检测..... 98
 - 5.6.3 常用肖特基二极管的主要参数..... 99
- 5.7 快恢复二极管..... 99
 - 5.7.1 实物外形与图形符号..... 99
 - 5.7.2 特点、应用和检测..... 100
 - 5.7.3 常用快恢复二极管的主要参数..... 100
- 5.8 瞬态电压抑制二极管..... 100
 - 5.8.1 实物外形与图形符号..... 100

| | | |
|-------|----|-----|
| 5.8.2 | 性质 | 101 |
| 5.8.3 | 检测 | 101 |

第6章

三极管

| | | |
|-------|------------|-----|
| 6.1 | 三极管基础知识 | 103 |
| 6.1.1 | 实物外形与图形符号 | 103 |
| 6.1.2 | 结构 | 103 |
| 6.1.3 | 电流、电压规律 | 104 |
| 6.1.4 | 放大原理 | 106 |
| 6.1.5 | 3种状态说明 | 107 |
| 6.1.6 | 主要参数 | 110 |
| 6.1.7 | 检测 | 111 |
| 6.1.8 | 三极管的型号命名方法 | 114 |
| 6.2 | 特殊三极管 | 115 |
| 6.2.1 | 带阻三极管 | 115 |
| 6.2.2 | 带阻尼三极管 | 116 |
| 6.2.3 | 达林顿三极管 | 117 |

第7章

光电器件

| | | |
|-------|--------------|-----|
| 7.1 | 发光二极管 | 119 |
| 7.1.1 | 普通发光二极管 | 119 |
| 7.1.2 | 双色发光二极管 | 120 |
| 7.1.3 | 三基色发光二极管 | 121 |
| 7.1.4 | 闪烁发光二极管 | 123 |
| 7.1.5 | 红外线发光二极管 | 124 |
| 7.1.6 | 发光二极管的型号命名方法 | 125 |
| 7.2 | 光电二极管 | 126 |
| 7.2.1 | 普通光电二极管 | 126 |
| 7.2.2 | 红外线接收二极管 | 128 |
| 7.2.3 | 红外线接收组件 | 129 |
| 7.3 | 光电三极管 | 130 |
| 7.3.1 | 实物外形与图形符号 | 130 |
| 7.3.2 | 性质 | 130 |
| 7.3.3 | 检测 | 131 |
| 7.4 | 光电耦合器 | 131 |
| 7.4.1 | 实物外形与图形符号 | 131 |
| 7.4.2 | 工作原理 | 132 |

| | | |
|-------|-----------|-----|
| 7.4.3 | 检测 | 132 |
| 7.5 | 光遮断器 | 133 |
| 7.5.1 | 实物外形与图形符号 | 134 |
| 7.5.2 | 工作原理 | 134 |
| 7.5.3 | 检测 | 134 |

第8章

电声器件

| | | |
|-------|-------------|-----|
| 8.1 | 扬声器 | 136 |
| 8.1.1 | 实物外形与图形符号 | 136 |
| 8.1.2 | 种类与工作原理 | 136 |
| 8.1.3 | 主要参数 | 137 |
| 8.1.4 | 检测 | 137 |
| 8.1.5 | 扬声器的型号命名方法 | 138 |
| 8.2 | 蜂鸣器 | 139 |
| 8.2.1 | 实物外形与图形符号 | 139 |
| 8.2.2 | 种类及结构原理 | 139 |
| 8.2.3 | 有源和无源蜂鸣器的区别 | 140 |
| 8.3 | 话筒 | 140 |
| 8.3.1 | 实物外形与图形符号 | 140 |
| 8.3.2 | 工作原理 | 141 |
| 8.3.3 | 主要参数 | 141 |
| 8.3.4 | 种类与选用 | 142 |
| 8.3.5 | 检测 | 142 |
| 8.3.6 | 电声器件的型号命名方法 | 144 |
| 8.4 | 耳机 | 145 |
| 8.4.1 | 实物外形与图形符号 | 145 |
| 8.4.2 | 种类与工作原理 | 145 |
| 8.4.3 | 检测 | 146 |

第9章

晶闸管

| | | |
|-------|------------|-----|
| 9.1 | 单向晶闸管 | 147 |
| 9.1.1 | 实物外形与图形符号 | 147 |
| 9.1.2 | 结构与工作原理 | 147 |
| 9.1.3 | 主要参数 | 148 |
| 9.1.4 | 检测 | 149 |
| 9.1.5 | 种类 | 150 |
| 9.1.6 | 晶闸管的型号命名方法 | 151 |

| | | |
|-------|--------------|-----|
| 9.2 | 门极可关断晶闸管 | 151 |
| 9.2.1 | 实物外形、结构与图形符号 | 151 |
| 9.2.2 | 工作原理 | 152 |
| 9.2.3 | 检测 | 152 |
| 9.3 | 双向晶闸管 | 153 |
| 9.3.1 | 图形符号与结构 | 153 |
| 9.3.2 | 工作原理 | 153 |
| 9.3.3 | 检测 | 154 |

第 10 章

场效应管与 IGBT

| | | |
|--------|--------------|-----|
| 10.1 | 结型场效应管 | 156 |
| 10.1.1 | 实物外形与图形符号 | 156 |
| 10.1.2 | 结构与工作原理 | 156 |
| 10.1.3 | 主要参数 | 158 |
| 10.1.4 | 检测 | 158 |
| 10.1.5 | 场效应管的型号命名方法 | 159 |
| 10.2 | 绝缘栅型场效应管 | 160 |
| 10.2.1 | 增强型 MOS 管 | 160 |
| 10.2.2 | 耗尽型 MOS 管 | 162 |
| 10.3 | 绝缘栅双极型晶体管 | 163 |
| 10.3.1 | 实物外形、结构与图形符号 | 163 |
| 10.3.2 | 工作原理 | 164 |
| 10.3.3 | 检测 | 165 |

第 11 章

继电器与干簧管

| | | |
|--------|------------|-----|
| 11.1 | 继电器 | 166 |
| 11.1.1 | 实物外形与图形符号 | 166 |
| 11.1.2 | 结构与应用 | 166 |
| 11.1.3 | 主要参数 | 167 |
| 11.1.4 | 检测 | 167 |
| 11.1.5 | 继电器的型号命名方法 | 168 |
| 11.2 | 干簧管 | 169 |
| 11.2.1 | 实物外形与图形符号 | 169 |
| 11.2.2 | 工作原理 | 170 |
| 11.2.3 | 应用 | 170 |
| 11.2.4 | 检测 | 171 |

第 12 章

显示器件

| | | |
|--------|--------------------|-----|
| 12.1 | LED 数码管与 LED 点阵显示器 | 172 |
| 12.1.1 | 一位 LED 数码管 | 172 |
| 12.1.2 | 多位 LED 数码管 | 174 |
| 12.1.3 | LED 点阵显示器 | 176 |
| 12.2 | 真空荧光显示器 | 180 |
| 12.2.1 | 实物外形 | 180 |
| 12.2.2 | 结构与工作原理 | 180 |
| 12.2.3 | 应用 | 182 |
| 12.2.4 | 检测 | 182 |
| 12.3 | 液晶显示屏 | 183 |
| 12.3.1 | 笔段式液晶显示屏 | 183 |
| 12.3.2 | 点阵式液晶显示屏 | 185 |

第 13 章

贴片元器件与集成电路

| | | |
|--------|--------------|-----|
| 13.1 | 贴片元器件 | 187 |
| 13.1.1 | 贴片电阻器 | 187 |
| 13.1.2 | 贴片电容器 | 188 |
| 13.1.3 | 贴片电感器 | 189 |
| 13.1.4 | 贴片二极管 | 190 |
| 13.1.5 | 贴片三极管 | 191 |
| 13.2 | 集成电路 | 191 |
| 13.2.1 | 简介 | 191 |
| 13.2.2 | 特点 | 192 |
| 13.2.3 | 种类 | 193 |
| 13.2.4 | 封装形式 | 193 |
| 13.2.5 | 引脚识别 | 194 |
| 13.2.6 | 好坏检测 | 195 |
| 13.2.7 | 直插式集成电路的拆卸 | 199 |
| 13.2.8 | 贴片集成电路的拆卸与焊接 | 201 |
| 13.2.9 | 集成电路的型号命名方法 | 201 |

第 14 章

传感器

| | | |
|------|-------------|-----|
| 14.1 | 热释电人体红外线传感器 | 203 |
|------|-------------|-----|

| | | |
|--------|----------------------|-----|
| 14.1.1 | 结构与工作原理 | 203 |
| 14.1.2 | 引脚识别 | 205 |
| 14.1.3 | 常用热释电传感器的主要参数 | 205 |
| 14.1.4 | 应用 | 206 |
| 14.2 | 霍尔传感器 | 207 |
| 14.2.1 | 实物外形与图形符号 | 207 |
| 14.2.2 | 结构与工作原理 | 207 |
| 14.2.3 | 种类 | 208 |
| 14.2.4 | 型号命名与参数 | 208 |
| 14.2.5 | 引脚识别与检测 | 209 |
| 14.2.6 | 应用 | 210 |
| 14.3 | 热电偶 | 210 |
| 14.3.1 | 热电效应与热电偶测量原理 | 211 |
| 14.3.2 | 结构说明 | 213 |
| 14.3.3 | 利用热电偶配合数字万用表测量电烙铁的温度 | 213 |
| 14.3.4 | 好坏检测 | 214 |
| 14.3.5 | 多个热电偶连接的灵活使用 | 214 |
| 14.3.6 | 热电偶的种类及特点 | 215 |

第 15 章

基础电子电路

| | | |
|--------|-----------|-----|
| 15.1 | 放大电路 | 217 |
| 15.1.1 | 固定偏置放大电路 | 217 |
| 15.1.2 | 电压负反馈放大电路 | 218 |
| 15.1.3 | 分压式偏置放大电路 | 219 |
| 15.1.4 | 交流放大电路 | 220 |
| 15.2 | 谐振电路 | 221 |
| 15.2.1 | 串联谐振电路 | 221 |
| 15.2.2 | 并联谐振电路 | 223 |
| 15.3 | 振荡器 | 224 |
| 15.3.1 | 振荡器的组成与原理 | 224 |
| 15.3.2 | 变压器反馈式振荡器 | 225 |
| 15.4 | 电源电路 | 226 |
| 15.4.1 | 电源电路的组成 | 226 |
| 15.4.2 | 整流电路 | 226 |
| 15.4.3 | 滤波电路 | 228 |
| 15.4.4 | 稳压电路 | 232 |

第 16 章

收音机与电子产品的检修

| | | |
|--------|-------------|-----|
| 16.1 | 无线电波 | 235 |
| 16.1.1 | 水波与无线电波 | 235 |
| 16.1.2 | 无线电波的划分 | 236 |
| 16.1.3 | 无线电波的传播规律 | 236 |
| 16.1.4 | 无线电波的发送与接收 | 237 |
| 16.2 | 收音机的电路原理 | 239 |
| 16.2.1 | 调幅收音机的组成框图 | 240 |
| 16.2.2 | 调幅收音机单元电路分析 | 240 |
| 16.2.3 | 收音机整机电路分析 | 248 |
| 16.3 | 实践入门 | 251 |
| 16.3.1 | 电烙铁 | 251 |
| 16.3.2 | 焊料与助焊剂 | 252 |
| 16.3.3 | 印制电路板 | 253 |
| 16.3.4 | 元器件的焊接与拆卸 | 254 |
| 16.4 | 收音机的组装与调试 | 256 |
| 16.4.1 | 收音机套件介绍 | 256 |
| 16.4.2 | 收音机的组装 | 256 |
| 16.4.3 | 收音机的调试 | 259 |
| 16.5 | 电子产品的检修方法 | 261 |
| 16.5.1 | 直观法 | 261 |
| 16.5.2 | 电阻法 | 261 |
| 16.5.3 | 电压法 | 262 |
| 16.5.4 | 电流法 | 264 |
| 16.5.5 | 信号注入法 | 265 |
| 16.5.6 | 断开电路法 | 265 |
| 16.5.7 | 短路法 | 266 |
| 16.5.8 | 代替法 | 266 |
| 16.6 | 收音机的检修 | 267 |

第 17 章

电子测量基础

| | | |
|--------|--------------|-----|
| 17.1 | 电子测量的基础知识 | 269 |
| 17.1.1 | 电子测量的内容 | 269 |
| 17.1.2 | 电子测量的基本方法 | 269 |
| 17.2 | 电子测量的误差与数据处理 | 270 |
| 17.2.1 | 电子测量的误差及产生原因 | 270 |

| | | |
|--------|-----------|-----|
| 17.2.2 | 测量误差的表示方法 | 271 |
| 17.2.3 | 电子测量的数据处理 | 272 |

第 18 章

指针万用表

| | | |
|---------|-------------------|-----|
| 18.1 | 面板说明 | 274 |
| 18.1.1 | 刻度盘 | 275 |
| 18.1.2 | 挡位选择开关 | 275 |
| 18.1.3 | 旋钮 | 276 |
| 18.1.4 | 插孔 | 276 |
| 18.2 | 测量原理 | 276 |
| 18.2.1 | 直流电流的测量原理 | 276 |
| 18.2.2 | 直流电压的测量原理 | 277 |
| 18.2.3 | 交流电压的测量原理 | 278 |
| 18.2.4 | 电阻阻值的测量原理 | 279 |
| 18.2.5 | 三极管放大倍数的测量原理 | 279 |
| 18.3 | 使用方法 | 280 |
| 18.3.1 | 使用前的准备工作 | 280 |
| 18.3.2 | 直流电压的测量 | 281 |
| 18.3.3 | 直流电流的测量 | 283 |
| 18.3.4 | 交流电压的测量 | 283 |
| 18.3.5 | 电阻阻值的测量 | 284 |
| 18.3.6 | 三极管放大倍数的测量 | 286 |
| 18.3.7 | 通路蜂鸣测量 | 286 |
| 18.3.8 | 电容量的测量 | 287 |
| 18.3.9 | 负载电压测量 (LV 测量) | 288 |
| 18.3.10 | 电池电量的测量 (BATT 测量) | 290 |
| 18.3.11 | 标准电阻箱功能的使用 | 292 |
| 18.3.12 | 电感量的测量 | 293 |
| 18.3.13 | 音频电平测量 | 293 |
| 18.3.14 | 指针万用表使用注意事项 | 294 |

第 19 章

数字万用表

| | | |
|--------|---------------|-----|
| 19.1 | 数字万用表的结构及测量原理 | 295 |
| 19.1.1 | 数字万用表的面板介绍 | 295 |
| 19.1.2 | 数字万用表的组成及测量原理 | 297 |

| | | |
|---------|-------------|-----|
| 19.2 | 数字万用表的常规测量 | 300 |
| 19.2.1 | 直流电压的测量 | 300 |
| 19.2.2 | 直流电流的测量 | 301 |
| 19.2.3 | 交流电压的测量 | 302 |
| 19.2.4 | 交流电流的测量 | 303 |
| 19.2.5 | 电阻阻值的测量 | 304 |
| 19.2.6 | 二极管的测量 | 305 |
| 19.2.7 | 三极管放大倍数的测量 | 306 |
| 19.2.8 | 电容容量的测量 | 306 |
| 19.2.9 | 温度的测量 | 307 |
| 19.2.10 | 频率的测量 | 308 |
| 19.2.11 | 数字万用表使用注意事项 | 309 |
| 19.3 | 数字万用表的检测技巧 | 309 |
| 19.3.1 | 电容的检测 | 310 |
| 19.3.2 | 二极管的检测 | 310 |
| 19.3.3 | 三极管的检测 | 311 |
| 19.3.4 | 晶闸管的检测 | 315 |
| 19.3.5 | 市电火线和零线的检测 | 317 |

第 20 章

信号发生器

| | | |
|--------|---------|-----|
| 20.1 | 低频信号发生器 | 319 |
| 20.1.1 | 工作原理 | 319 |
| 20.1.2 | 使用方法 | 320 |
| 20.2 | 高频信号发生器 | 322 |
| 20.2.1 | 工作原理 | 322 |
| 20.2.2 | 使用方法 | 323 |
| 20.3 | 函数信号发生器 | 326 |
| 20.3.1 | 工作原理 | 327 |
| 20.3.2 | 使用方法 | 328 |

第 21 章

毫伏表

| | | |
|--------|-------|-----|
| 21.1 | 模拟毫伏表 | 332 |
| 21.1.1 | 工作原理 | 332 |
| 21.1.2 | 使用方法 | 333 |
| 21.2 | 数字毫伏表 | 337 |
| 21.2.1 | 工作原理 | 337 |
| 21.2.2 | 使用方法 | 337 |

第 22 章

示波器

| | |
|-------------------------|-----|
| 22.1 示波器的结构及工作原理 | 340 |
| 22.1.1 示波器的种类 | 340 |
| 22.1.2 示波管的结构 | 340 |
| 22.1.3 示波器的波形显示原理 | 342 |
| 22.2 单踪示波器 | 343 |
| 22.2.1 工作原理 | 343 |
| 22.2.2 面板介绍 | 348 |
| 22.2.3 使用方法 | 352 |
| 22.3 双踪示波器 | 357 |

| | |
|-------------------|-----|
| 22.3.1 工作原理 | 358 |
| 22.3.2 面板介绍 | 361 |
| 22.3.3 使用方法 | 364 |

第 23 章

频率计与扫频仪

| | |
|--------------------------|-----|
| 23.1 频率计的测量原理与使用方法 | 374 |
| 23.1.1 频率计的测量原理 | 374 |
| 23.1.2 频率计的使用方法 | 375 |
| 23.2 扫频仪的测量原理与使用方法 | 380 |
| 23.2.1 扫频仪的测量原理 | 380 |
| 23.2.2 扫频仪的使用方法 | 384 |

第 1 章

电子技术入门基础

1.1 基本概念与规律

1.1.1 电路与电路图

图 1-1 (a) 所示是一个简单的实物电路, 该电路由电源 (电池)、开关、导线和灯泡组成。电源的作用是提供电能; 开关、导线的作用是控制和传递电能, 称为中间环节; 灯泡是消耗电能的用电器, 它能将电能转变为光能, 称为负载。因此, 电路是由电源、中间环节和负载组成的。

图 1-1 (a) 所示为实物电路, 绘制该电路很不方便, 为此人们用简单的图形符号代替实物的方法来画电路, 这样画出的图形称为电路图。图 1-1 (b) 所示的图形就是图 1-1 (a) 所示实物电路的电路图, 不难看出, 用电路图来表示实际的电路非常方便。

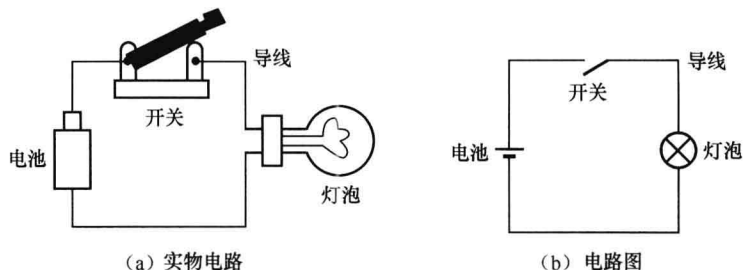


图 1-1 一个简单的电路

1.1.2 电流与电阻

1. 电流

在图 1-2 所示电路中, 将开关闭合, 灯泡会发光, 为什么会这样呢? 下面就来解释其中的原因。

当开关闭合时, 带负电荷的电子源源不断地从电源负极经导线、灯泡、开关流向电源正极。这些电子在流经灯泡内的钨丝时, 钨丝会发热, 温度急剧上升而发光。

大量的电荷朝一个方向移动 (也称定向移动) 就形成了电流, 这就像公路上有大量的汽车朝一个方向移动就形成 “车流” 一样。

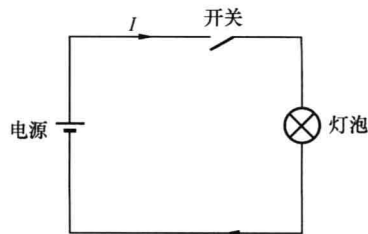


图 1-2 电流说明图

实际上，我们把电子运动的反方向作为电流方向，即把正电荷在电路中的移动方向规定为电流的方向。图 1-2 所示电路的电流方向是：电源正极→开关→灯泡→电源的负极。

电流通常用字母“ I ”表示，单位为安培（简称安），用“ A ”表示，比安培小的单位有毫安（ mA ）、微安（ μA ），它们之间的换算关系为

$$1A=10^3mA=10^6\mu A$$

2. 电阻

在图 1-3 (a) 所示电路中增加一个元器件——电阻器，发现灯光会变暗，该电路的电路图如图 1-3 (b) 所示。为什么在电路中增加了电阻器后灯光会变暗呢？原来电阻器对电流有一定的阻碍作用，从而使流过灯泡的电流减小，灯光变暗。

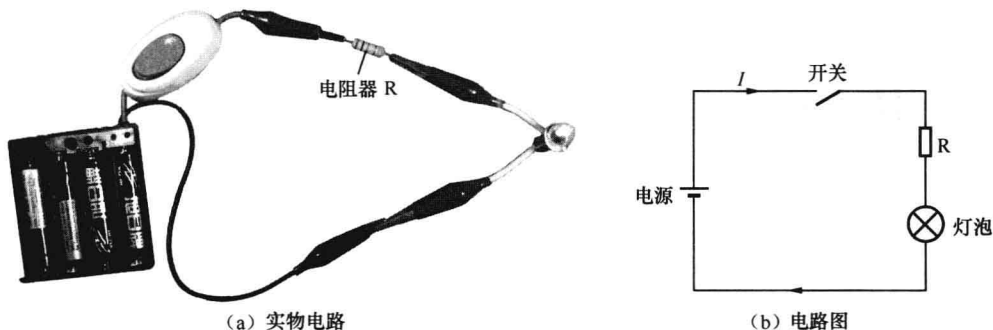


图 1-3 电阻说明图

导体对电流的阻碍称为该导体的电阻，电阻通常用字母“ R ”表示，电阻的单位为欧姆（简称欧），用“ Ω ”表示，比欧姆大的单位有千欧（ $k\Omega$ ）、兆欧（ $M\Omega$ ），它们之间的换算关系为

$$1M\Omega=10^3k\Omega=10^6\Omega$$

导体的电阻计算公式为

$$R=\rho\frac{L}{S}$$

在上式中， L 为导体的长度（单位： m ）， S 为导体的横截面积（单位： m^2 ）， ρ 为导体的电阻率（单位： $\Omega\cdot m$ ）。不同的导体， ρ 值一般不同。表 1-1 列出了一些常见导体的电阻率（ $20^\circ C$ 时）。在长度 L 和横截面积 S 相同的情况下，电阻率越大的导体其电阻越大，例如， L 、 S 相同的铁导线和铜导线，铁导线的电阻约是铜导线的 5.9 倍。由于铁导线的电阻率较铜导线大很多，所以为了使负载得到较大电流以及减小供电线路的损耗，供电线路通常采用铜导线。

表 1-1 一些常见导体的电阻率（ $20^\circ C$ 时）

| 导 体 | 电阻率/ $\Omega\cdot m$ | 导 体 | 电阻率/ $\Omega\cdot m$ |
|-----|----------------------|-----|------------------------|
| 银 | 1.62×10^{-8} | 锡 | 11.4×10^{-8} |
| 铜 | 1.69×10^{-8} | 铁 | 10.0×10^{-8} |
| 铝 | 2.83×10^{-8} | 铅 | 21.9×10^{-8} |
| 金 | 2.4×10^{-8} | 汞 | 95.8×10^{-8} |
| 钨 | 5.51×10^{-8} | 碳 | $3\ 500\times 10^{-8}$ |

导体的电阻除了与材料有关外，还受温度影响。一般情况下，导体温度越高电阻越大，例如常温下灯泡（白炽灯）内部钨丝的电阻很小，通电后钨丝的温度升到 $1\ 000^\circ C$ 以上，其电阻急剧增大；

导体温度下降电阻减小,某些金属材料在温度下降到某一值时(如 -109°C),电阻会突然变为 0Ω ,这种现象称为超导现象,具有这种性质的材料称为超导材料。

1.1.3 电位、电压和电动势

电位、电压和电动势对初学者来说较难理解,下面通过图 1-4 所示的水流示意图来说明这些术语。首先来分析图 1-4 中的水流过程。

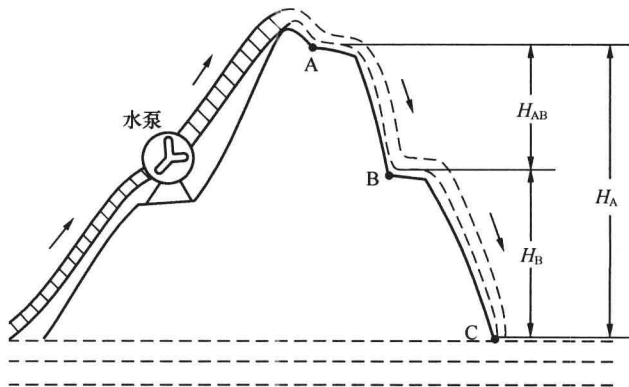


图 1-4 水流示意图

水泵将河中的水抽到山顶的 A 处,水到达 A 处后再流到 B 处,水到 B 处后流往 C 处(河中),然后水泵又将河中的水抽到 A 处,这样使得水不断循环流动。水为什么能从 A 处流到 B 处,又从 B 处流到 C 处呢?这是因为 A 处水位较 B 处水位高, B 处水位较 C 处水位高。

要测量 A 处和 B 处水位的高度,必须先要找一个基准点(零点),就像测量人的身高要选择脚底为基准点一样,这里以河的水面为基准(C 处)。AC 之间的垂直高度为 A 处水位的高度,用 H_A 表示;BC 之间的垂直高度为 B 处水位的高度,用 H_B 表示。由于 A 处和 B 处水位高度不一样,它们存在着水位差,该水位差用 H_{AB} 表示,它等于 A 处水位高度 H_A 与 B 处水位高度 H_B 之差,即 $H_{AB}=H_A-H_B$ 。为了让 A 处源源不断有水往 B、C 处流,需要水泵将低水位的河水抽到高处 A 点,这样做水泵是需要消耗能量的(如耗油)。

1. 电位

电路中的电位、电压和电动势与上述水流情况很相似。如图 1-5 所示,电源的正极输出电流,流到 A 点,再经 R_1 流到 B 点,然后通过 R_2 流到 C 点,最后流到电源的负极。

与图 1-4 所示水流示意图相似,图 1-5 所示电路中的 A、B 点也有高低之分,只不过不是水位,而称为电位, A 点电位较 B 点电位高。为了计算电位的高低,也需要找一个基准点作为零点,为了表明某点为零基准点,通常在该点处画一个“ \perp ”符号,该符号称为接地符号,接地符号处的电位规定为 0V ,电位单位不是米(m),而是伏特(简称伏),用“V”表示。在图 1-5 所示电路中,以 C 点为 0V (该点标有接地符号),A 点的电位为 3V ,表示为 $V_A=3\text{V}$; B 点电位为 1V ,表示为 $V_B=1\text{V}$ 。

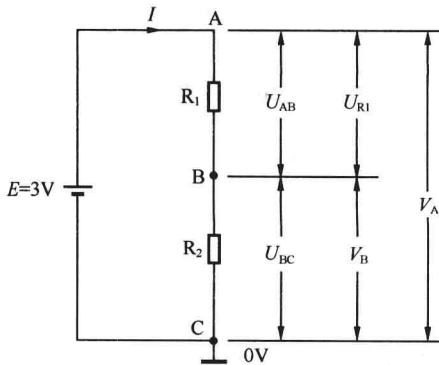


图 1-5 电位、电压和电动势说明图

2. 电压

图 1-5 所示电路中的 A 点和 B 点的电位是不同的, 有一定的差距, 这种电位之间的差距称为电位差, 又称电压。A 点和 B 点之间的电位差用 U_{AB} 表示, 它等于 A 点电位 V_A 与 B 点电位 V_B 的差, 即 $U_{AB}=V_A-V_B=3V-1V=2V$ 。因为 A 点和 B 点电位差实际上就是电阻器 R_1 两端的电位差 (即电压), R_1 两端的电压用 U_{R1} 表示, 所以 $U_{AB}=U_{R1}$ 。

3. 电动势

为了让电路中始终有电流流过, 电源需要在内部将流到负极的电流源源不断地“抽”到正极, 使电源正极具有较高的电位, 这样正极才会输出电流。当然, 电源内部将负极的电流“抽”到正极需要消耗能量 (如干电池会消耗掉化学能)。电源消耗能量在两极建立的电位差称为电动势, 电动势的单位也为伏特, 图 1-5 所示电路中电源的电动势为 3V。

由于电源内部的电流是由负极流向正极, 故电源的电动势方向规定为从电源负极指向正极。

1.1.4 电路的 3 种状态

电路有 3 种状态: 通路、开路和短路, 这 3 种状态的电路如图 1-6 所示。

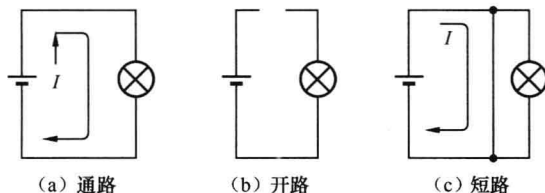


图 1-6 电路的 3 种状态

1. 通路

图 1-6 (a) 所示电路处于通路状态。电路处于通路状态的特点有: 电路畅通, 有正常的电流流过负载, 负载正常工作。

2. 开路

图 1-6 (b) 所示电路处于开路状态。电路处于开路状态的特点有: 电路断开, 无电流流过负载, 负载不工作。

3. 短路

图 1-6 (c) 所示电路处于短路状态。电路处于短路状态的特点有: 电路中有很大电流流过, 但电流不流过负载, 负载不工作。由于电流很大, 电源和导线很容易被烧坏。

1.1.5 接地与屏蔽

1. 接地

接地在电子电路中应用广泛, 电路中常用图 1-7 所示的符号表示接地和接机壳。

为了便于初学者理解, 本书将接地和接机壳统一成接地来说明。在电子电路中, 接地的含义不是表示将电路连接到大地, 而是有以下的意义。

① 在电路中, 接地符号处的电位规定为 0V。在图 1-8 (a) 所示电路中, A 点标有接地符号, 规定 A 点的电位为 0V。

② 在电路中, 标有接地符号的地方都是相通的。图 1-8 (b) 所示的两个电路, 虽然从形式上看不一样, 但电路的实际连接是一样的, 故两个电路中的灯泡都会亮。

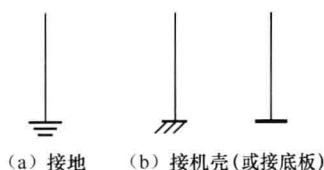


图 1-7 接地和接机壳符号

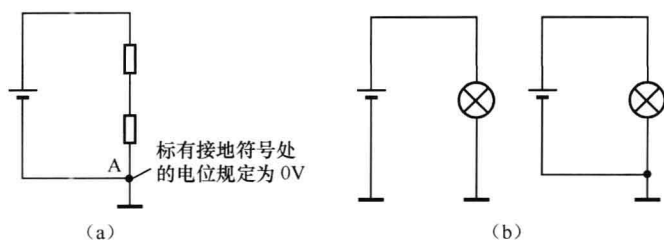


图 1-8 接地符号含义说明图

2. 屏蔽

在电子设备中,为了防止某些元器件和电路工作时受到干扰,或者为了防止某些元器件和电路在工作时产生信号干扰其他电路的正常工作,通常对这些元器件和电路采取隔离措施,这种隔离称为屏蔽。屏蔽常用图 1-9 所示的符号表示。

屏蔽的具体做法是用金属材料(称为屏蔽罩)将元器件或电路封闭起来,再将屏蔽罩接地。图 1-10 所示为带有屏蔽罩的元器件和导线,外界干扰信号无法穿过金属屏蔽罩干扰内部的元器件和电路。

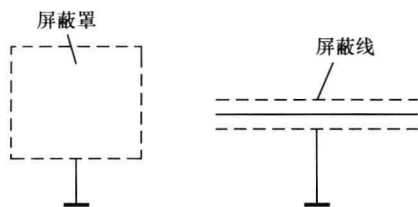


图 1-9 屏蔽符号

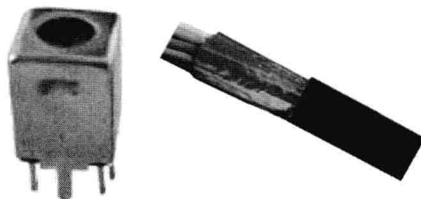


图 1-10 带有屏蔽罩的元器件和导线

1.1.6 欧姆定律

欧姆定律是电子技术中的一个最基本的定律,反映了电路中电阻、电流和电压之间的关系。

欧姆定律的内容是:在电路中,流过电阻的电流 I 的大小与电阻两端的电压 U 成正比,与电阻 R 的大小成反比,即

$$I = \frac{U}{R}$$

也可以表示为 $U=IR$ 和 $R = \frac{U}{I}$ 。

为了更好地理解欧姆定律,下面以图 1-11 所示的几种形式为例加以说明。

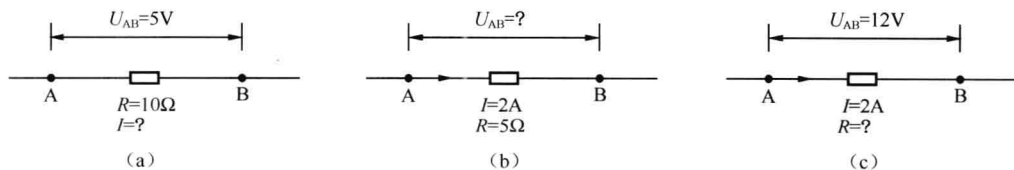


图 1-11 欧姆定律的几种形式图示

在图 1-11 (a) 中,已知电阻 $R=10\Omega$,电阻两端的电压 $U_{AB}=5V$,那么流过电阻的电流 $I = \frac{U_{AB}}{R} = \frac{5V}{10\Omega} =$

0.5A。