



视频教程  
扫码即看


# 电子工程师

## 自学成才手册

本书具有零基础起步、由浅入深、知识技能系统全面等特点，适合于立志成为电子工程师的各级别读者学习参考。

蔡杏山 主编

★★★  
提高篇  
★★★



# 电子工程师

## 自学成才手册

蔡杏山 主编

提高篇

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

《电子工程师自学成才手册》分为基础篇、提高篇、精通篇三册。本书为提高篇，主要包括电路分析基础，放大电路，集成运算放大器，选频电路，正弦波振荡器，调制与解调电路，频率变换与反馈控制电路，电源电路，数字电路基础与门电路，数制、编码与逻辑代数，组合逻辑电路，时序逻辑电路，脉冲电路，D/A 转换器和 A/D 转换器，半导体存储器，电力电子电路，常用芯片（集成电路）及其应用电路等内容。

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，适合作为电子工程师提高的自学图书，也适合作为职业学校和社会培训机构的电子电路教材。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

### 图书在版编目（CIP）数据

电子工程师自学成才手册. 提高篇/蔡杏山主编. —北京：电子工业出版社，2019.2  
ISBN 978-7-121-35874-6

I. ①电… II. ①蔡… III. ①电子技术—技术手册 IV. ①TN-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 001761 号

策划编辑：张楠

责任编辑：夏平飞

印刷：三河市华成印务有限公司

装订：三河市华成印务有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编：100036

开本：787×1092 1/16 印张：23 字数：588 千字

版次：2019 年 2 月第 1 版

印次：2019 年 2 月第 1 次印刷

定 价：98.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及购电话：（010）88254888，88258888。

质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn)，盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

本书咨询联系方式：（010）88254579。

# 前 言

随着科学技术的发展, 社会各领域电气化的程度越来越高, 这使得电气电子及相关行业需要越来越多的电子技术人才。对于一些对电子技术一无所知或略有一点基础的人来说, 要想成为一名电子工程师或达到相同的技术程度, 既可以在培训机构培训, 也可以在职业学校系统学习, 还可以自学成才; 不管是哪种情况, 都需要一些合适的学习图书。选择一些好图书, 不但可以让学习者轻松迈入电子技术大门, 而且能让学习者的技术水平迅速提高, 快速成为电子技术领域的行家里手。

《电子工程师自学成才手册》是一套零基础起步、由浅入深、知识技能系统全面的电子技术学习图书, 读者只要具有初中文化水平, 通过系统阅读本套图书, 就能很快达到电子工程师的技术水平。本套图书分为基础篇、提高篇、精通篇三册, 其内容说明如下。

《电子工程师自学成才手册(基础篇)》主要包括电子技术基础, 万用表的使用, 电阻器, 电容器, 电感器与变压器, 二极管, 三极管, 晶闸管, 场效应管与 IGBT, 继电器与干簧管, 过流、过压保护器件, 光电器件, 电声器件, 压电器件, 显示器件, 常用传感器, 贴片元器件, 基础电子电路, 无线电广播与收音机电路, 电子技能实践, 集成电路的识别、检测与拆焊, 信号发生器, 毫伏表, 示波器, 频率计, 扫频仪,  $Q$  表与晶体管图示仪等内容。

《电子工程师自学成才手册(提高篇)》主要包括电路分析基础, 放大电路, 集成运算放大器, 选频电路, 正弦波振荡器, 调制与解调电路, 频率变换与反馈控制电路, 电源电路, 数字电路基础与门电路, 数制、编码与逻辑代数, 组合逻辑电路, 时序逻辑电路, 脉冲电路, D/A 转换器和 A/D 转换器, 半导体存储器, 电力电子电路, 常用芯片(集成电路)及其应用电路等内容。

《电子工程师自学成才手册(精通篇)》主要包括单片机快速入门, 51 单片机的硬件系统, STC89C5x 系列单片机介绍, 51 单片机编程软件的使用, 单片机驱动 LED 的电路及编程, 单片机驱动 LED 数码管的电路及编程, 中断与中断编程, 定时器/计数器的使用及编程, 按键电路及编程, 点阵和液晶显示屏的使用及编程, 步进电机的使用及编程, 串行通信的使用及编程, I<sup>2</sup>C 总线通信的使用及编程, A/D 与 D/A 转换电路及编程, 电路绘图设计软件入门, 设计电路原理图, 制作新元件, 手工设计 PCB 图, 自动设计 PCB 图, 制作新元件封装等内容。

《电子工程师自学成才手册》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图书。
- ◆**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比喻说明, 尽量避免复杂的理论分析和烦琐的公式推导, 图书阅读起来感觉会十分顺畅。
- ◆**内容解说详细。**考虑到自学时一般无人指导, 因此在编写过程中对书中的知识技能进

行详细解说，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。

◆**内容安排符合认识规律。**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，可登录易天电学网：[www.xxITee.com](http://www.xxITee.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图书的新书信息。

参加本书编写的人员还有蔡玉山、詹春华、黄勇、何慧、黄晓玲、蔡春霞、刘凌云、刘海峰、刘元能、邵永亮、朱球辉、蔡华山、蔡理峰、万四香、蔡理刚、何丽、梁云、唐颖、王娟、戴艳花、邓艳姣、何彬、何宗昌、蔡理忠、黄芳、谢佳宏、李清荣、蔡任英和邵永明等。由于编者水平有限，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

# 目 录

|                      |    |
|----------------------|----|
| 第 1 章 电路分析基础         | 1  |
| 1.1 电路分析的基本方法与规律     | 1  |
| 1.1.1 欧姆定律           | 1  |
| 1.1.2 电功、电功率和焦耳定律    | 3  |
| 1.1.3 电阻的串联、并联与混联    | 4  |
| 1.2 复杂电路的分析方法与规律     | 6  |
| 1.2.1 基本概念           | 6  |
| 1.2.2 基尔霍夫定律         | 6  |
| 1.2.3 叠加定理           | 9  |
| 1.2.4 戴维南定理          | 10 |
| 1.2.5 最大功率传输定理与阻抗变换  | 11 |
| 第 2 章 放大电路           | 14 |
| 2.1 基本放大电路           | 14 |
| 2.1.1 固定偏置放大电路       | 14 |
| 2.1.2 分压式偏置放大电路      | 16 |
| 2.1.3 交流放大电路         | 17 |
| 2.1.4 放大电路的三种基本接法    | 18 |
| 2.1.5 朗读助记器的原理与检修(一) | 22 |
| 2.2 负反馈放大电路          | 24 |
| 2.2.1 反馈知识介绍         | 24 |
| 2.2.2 反馈类型的判别        | 24 |
| 2.2.3 负反馈放大电路        | 28 |
| 2.2.4 负反馈对放大电路的影响    | 29 |
| 2.2.5 朗读助记器的原理与检修(二) | 30 |
| 2.3 功率放大电路           | 32 |
| 2.3.1 功率放大电路的三种状态    | 32 |
| 2.3.2 变压器耦合功率放大电路    | 33 |
| 2.3.3 OTL 功率放大电路     | 34 |
| 2.3.4 OCL 功率放大电路     | 36 |

|              |                   |           |
|--------------|-------------------|-----------|
| 2.3.5        | BTL 功率放大电路        | 37        |
| 2.3.6        | 朗读助记器的原理与检修（三）    | 38        |
| 2.4          | 多级放大电路            | 40        |
| 2.4.1        | 阻容耦合放大电路          | 40        |
| 2.4.2        | 直接耦合放大电路          | 40        |
| 2.4.3        | 变压器耦合放大电路         | 41        |
| 2.5          | 场效应管放大电路          | 41        |
| 2.5.1        | 结型场效应管及其放大电路      | 41        |
| 2.5.2        | 增强型绝缘栅型场效应管及其放大电路 | 43        |
| 2.5.3        | 耗尽型绝缘栅型场效应管及其放大电路 | 45        |
| <b>第 3 章</b> | <b>集成运算放大器</b>    | <b>47</b> |
| 3.1          | 直流放大器             | 47        |
| 3.1.1        | 直流放大器的级间静态工作点影响问题 | 47        |
| 3.1.2        | 零点漂移问题            | 48        |
| 3.2          | 差动放大器             | 48        |
| 3.2.1        | 基本差动放大器           | 48        |
| 3.2.2        | 实用的差动放大器          | 50        |
| 3.2.3        | 差动放大器的几种连接形式      | 52        |
| 3.3          | 集成运算放大器及其应用       | 53        |
| 3.3.1        | 集成运算放大器的基础知识      | 53        |
| 3.3.2        | 集成运算放大器的线性应用电路    | 54        |
| 3.3.3        | 集成运算放大器的非线性应用电路   | 58        |
| 3.3.4        | 集成运算放大器的保护        | 61        |
| 3.4          | 小功率集成立体声功放器的原理与检修 | 62        |
| 3.4.1        | 电路原理              | 62        |
| 3.4.2        | 电路的检修             | 63        |
| <b>第 4 章</b> | <b>选频电路</b>       | <b>64</b> |
| 4.1          | LC 谐振电路           | 64        |
| 4.1.1        | 串联谐振电路            | 64        |
| 4.1.2        | 并联谐振电路            | 65        |
| 4.2          | 选频滤波电路            | 66        |
| 4.2.1        | 低通滤波器（LPF）        | 66        |
| 4.2.2        | 高通滤波器（HPF）        | 67        |
| 4.2.3        | 带通滤波器（BPF）        | 67        |

|              |                    |           |
|--------------|--------------------|-----------|
| 4.2.4        | 带阻滤波器 (BEF)        | 68        |
| 4.2.5        | 有源滤波器              | 69        |
| <b>第 5 章</b> | <b>正弦波振荡器</b>      | <b>72</b> |
| 5.1          | 振荡器基础知识            | 72        |
| 5.1.1        | 振荡器组成              | 72        |
| 5.1.2        | 振荡器的工作条件           | 72        |
| 5.2          | RC 振荡器             | 73        |
| 5.2.1        | 移相式 RC 振荡器         | 73        |
| 5.2.2        | 桥式 RC 振荡器          | 74        |
| 5.3          | 可调音频信号发生器的安装与检修    | 76        |
| 5.3.1        | 电路原理               | 76        |
| 5.3.2        | 电路的检修              | 76        |
| 5.4          | LC 振荡器             | 77        |
| 5.4.1        | 变压器反馈式振荡器          | 77        |
| 5.4.2        | 电感三点式振荡器           | 78        |
| 5.4.3        | 电容三点式振荡器           | 79        |
| 5.4.4        | 改进型电容三点式振荡器        | 80        |
| 5.5          | 石英晶体与晶体振荡器         | 81        |
| 5.5.1        | 石英晶体               | 81        |
| 5.5.2        | 晶体振荡器              | 82        |
| <b>第 6 章</b> | <b>调制与解调电路</b>     | <b>84</b> |
| 6.1          | 无线电信号的发送与接收        | 84        |
| 6.1.1        | 无线电信号的发送           | 84        |
| 6.1.2        | 无线电信号的接收           | 85        |
| 6.2          | 调幅调制与检波电路          | 86        |
| 6.2.1        | 调幅调制电路             | 86        |
| 6.2.2        | 检波电路               | 87        |
| 6.3          | 调频调制与鉴频电路          | 88        |
| 6.3.1        | 调频调制电路             | 88        |
| 6.3.2        | 鉴频电路               | 89        |
| <b>第 7 章</b> | <b>频率变换与反馈控制电路</b> | <b>96</b> |
| 7.1          | 频率变换电路             | 96        |
| 7.1.1        | 倍频电路               | 96        |



|            |                   |            |
|------------|-------------------|------------|
| 7.1.2      | 混频电路              | 97         |
| 7.2        | 反馈控制电路            | 98         |
| 7.2.1      | 自动增益控制电路（AGC）     | 99         |
| 7.2.2      | 自动频率控制电路（AFC）     | 100        |
| 7.2.3      | 锁相环控制电路（PLL）      | 101        |
| <b>第8章</b> | <b>电源电路</b>       | <b>103</b> |
| 8.1        | 整流电路              | 103        |
| 8.1.1      | 半波整流电路            | 103        |
| 8.1.2      | 全波整流电路            | 105        |
| 8.1.3      | 桥式整流电路            | 106        |
| 8.1.4      | 倍压整流电路            | 108        |
| 8.2        | 滤波电路              | 109        |
| 8.2.1      | 电容滤波电路            | 110        |
| 8.2.2      | 电感滤波电路            | 111        |
| 8.2.3      | 复合滤波电路            | 112        |
| 8.2.4      | 电子滤波电路            | 113        |
| 8.3        | 稳压电路              | 114        |
| 8.3.1      | 简单的稳压电路           | 114        |
| 8.3.2      | 串联型稳压电路           | 114        |
| 8.3.3      | 0~12V 可调电源的原理与检修  | 116        |
| 8.4        | 开关电源              | 118        |
| 8.4.1      | 开关电源基本工作原理        | 118        |
| 8.4.2      | 三种类型的开关电源工作原理分析   | 118        |
| 8.4.3      | 自激式开关电源           | 120        |
| 8.4.4      | 他激式开关电源           | 123        |
| <b>第9章</b> | <b>数字电路基础与门电路</b> | <b>124</b> |
| 9.1        | 数字电路基础            | 124        |
| 9.1.1      | 模拟信号与数字信号         | 124        |
| 9.1.2      | 正逻辑与负逻辑           | 125        |
| 9.1.3      | 三极管的三种工作状态        | 125        |
| 9.2        | 基本门电路             | 126        |
| 9.2.1      | 与门                | 126        |
| 9.2.2      | 或门                | 127        |
| 9.2.3      | 非门                | 129        |

|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| 9.3 门电路实验板电路原理与实验                     | 130        |
| 9.3.1 电路原理                            | 130        |
| 9.3.2 基本门实验                           | 131        |
| 9.4 复合门电路                             | 132        |
| 9.4.1 与非门                             | 132        |
| 9.4.2 或非门                             | 133        |
| 9.4.3 与或非门                            | 134        |
| 9.4.4 异或门                             | 135        |
| 9.4.5 同或门                             | 137        |
| 9.5 集成门电路                             | 138        |
| 9.5.1 TTL 集成门电路                       | 138        |
| 9.5.2 CMOS 集成门电路                      | 144        |
| <b>第 10 章 数制、编码与逻辑代数</b>              | <b>149</b> |
| 10.1 数制                               | 149        |
| 10.1.1 十进制                            | 149        |
| 10.1.2 二进制                            | 149        |
| 10.1.3 十六进制                           | 151        |
| 10.1.4 数制转换                           | 151        |
| 10.2 编码                               | 152        |
| 10.2.1 8421BCD 码、2421BCD 码和 5421BCD 码 | 152        |
| 10.2.2 余 3 码                          | 153        |
| 10.2.3 格雷码                            | 154        |
| 10.2.4 奇偶校验码                          | 154        |
| 10.3 逻辑代数                             | 155        |
| 10.3.1 逻辑代数的常量和变量                     | 155        |
| 10.3.2 逻辑代数的基本运算规律                    | 155        |
| 10.3.3 逻辑表达式的化简                       | 157        |
| 10.3.4 逻辑表达式、逻辑电路和真值表相互转换             | 157        |
| 10.3.5 逻辑代数在逻辑电路中的应用                  | 159        |
| <b>第 11 章 组合逻辑电路</b>                  | <b>161</b> |
| 11.1 组合逻辑电路分析与设计                      | 161        |
| 11.1.1 组合逻辑电路的分析                      | 161        |
| 11.1.2 组合逻辑电路的设计                      | 162        |
| 11.2 编码器                              | 163        |

|               |                  |            |
|---------------|------------------|------------|
| 11.2.1        | 普通编码器            | 164        |
| 11.2.2        | 优先编码器            | 164        |
| 11.3          | 译码器              | 167        |
| 11.3.1        | 二进制译码器           | 167        |
| 11.3.2        | 二-十进制译码器         | 170        |
| 11.3.3        | 数码显示器与显示译码器      | 172        |
| 11.4          | 数码管译码控制器的电路原理与实验 | 178        |
| 11.4.1        | 电路原理             | 178        |
| 11.4.2        | 实验操作             | 179        |
| 11.5          | 加法器              | 179        |
| 11.5.1        | 半加器              | 179        |
| 11.5.2        | 全加器              | 180        |
| 11.5.3        | 多位加法器            | 181        |
| 11.6          | 数值比较器            | 182        |
| 11.6.1        | 等值比较器            | 182        |
| 11.6.2        | 数值大小比较器          | 183        |
| 11.7          | 数据选择器            | 185        |
| 11.7.1        | 结构与原理            | 185        |
| 11.7.2        | 常用数据选择器芯片        | 187        |
| 11.8          | 奇偶校验器            | 187        |
| 11.8.1        | 奇偶校验原理           | 187        |
| 11.8.2        | 奇偶校验器构成          | 188        |
| <b>第 12 章</b> | <b>时序逻辑电路</b>    | <b>190</b> |
| 12.1          | 触发器              | 190        |
| 12.1.1        | 基本 RS 触发器        | 190        |
| 12.1.2        | 同步 RS 触发器        | 192        |
| 12.1.3        | D 触发器            | 193        |
| 12.1.4        | JK 触发器           | 195        |
| 12.1.5        | T 触发器            | 196        |
| 12.1.6        | 主从触发器和边沿触发器      | 197        |
| 12.2          | 寄存器与移位寄存器        | 199        |
| 12.2.1        | 寄存器              | 199        |
| 12.2.2        | 移位寄存器            | 200        |
| 12.3          | 计数器              | 205        |
| 12.3.1        | 二进制计数器           | 205        |

|               |                         |            |
|---------------|-------------------------|------------|
| 12.3.2        | 十进制计数器                  | 209        |
| 12.3.3        | 任意进制计数器                 | 210        |
| 12.3.4        | 常用计数器芯片                 | 211        |
| 12.4          | 电子密码控制器的电路原理与实验         | 214        |
| 12.4.1        | 电路原理                    | 215        |
| 12.4.2        | 实验操作                    | 217        |
| <b>第 13 章</b> | <b>脉冲电路</b>             | <b>219</b> |
| 13.1          | 脉冲电路基础                  | 219        |
| 13.1.1        | 脉冲的基础知识                 | 219        |
| 13.1.2        | RC 电路                   | 220        |
| 13.2          | 脉冲产生电路                  | 223        |
| 13.2.1        | 多谐振荡器                   | 223        |
| 13.2.2        | 锯齿波发生器                  | 225        |
| 13.3          | 脉冲整形电路                  | 226        |
| 13.3.1        | 单稳态触发器                  | 226        |
| 13.3.2        | 施密特触发器                  | 229        |
| 13.3.3        | 限幅电路                    | 233        |
| 13.4          | 555 定时器/时基电路            | 235        |
| 13.4.1        | 芯片外形与内部电路结构             | 236        |
| 13.4.2        | 应用                      | 237        |
| 13.5          | 电子催眠器的电路原理与实验           | 240        |
| 13.5.1        | 电子催眠原理                  | 240        |
| 13.5.2        | 电路原理                    | 241        |
| 13.5.3        | 实验操作及分析                 | 242        |
| <b>第 14 章</b> | <b>D/A 转换器和 A/D 转换器</b> | <b>243</b> |
| 14.1          | 概述                      | 243        |
| 14.2          | D/A 转换器                 | 243        |
| 14.2.1        | D/A 转换原理                | 243        |
| 14.2.2        | D/A 转换器种类               | 244        |
| 14.2.3        | D/A 转换芯片 ADC0832        | 247        |
| 14.3          | A/D 转换器                 | 249        |
| 14.3.1        | A/D 转换原理                | 249        |
| 14.3.2        | A/D 转换器种类               | 250        |
| 14.3.3        | A/D 转换芯片 ADC0809        | 253        |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第 15 章 半导体存储器             | 256 |
| 15.1 顺序存储器                | 256 |
| 15.1.1 动态移存单元             | 256 |
| 15.1.2 动态移存器              | 257 |
| 15.1.3 两种典型的顺序存储器         | 257 |
| 15.2 随机存储器                | 259 |
| 15.2.1 随机存储器的结构与原理        | 259 |
| 15.2.2 存储单元               | 261 |
| 15.2.3 存储器容量的扩展           | 263 |
| 15.3 只读存储器                | 265 |
| 15.3.1 固定只读存储器 (ROM)      | 266 |
| 15.3.2 可编程只读存储器 (PROM)    | 267 |
| 15.3.3 可改写只读存储器 (EPROM)   | 268 |
| 15.3.4 电可改写只读存储器 (EEPROM) | 269 |
| 第 16 章 电力电子电路             | 270 |
| 16.1 整流电路 (AC-DC 变换电路)    | 270 |
| 16.1.1 不可控整流电路            | 270 |
| 16.1.2 可控整流电路             | 272 |
| 16.2 斩波电路 (DC-DC 变换电路)    | 275 |
| 16.2.1 基本斩波电路             | 276 |
| 16.2.2 复合斩波电路             | 280 |
| 16.3 逆变电路 (DC-AC 变换电路)    | 283 |
| 16.3.1 逆变原理               | 283 |
| 16.3.2 电压型逆变电路            | 283 |
| 16.3.3 电流型逆变电路            | 288 |
| 16.3.4 复合型逆变电路            | 290 |
| 16.4 PWM 控制技术             | 293 |
| 16.4.1 PWM 控制的基本原理        | 293 |
| 16.4.2 SPWM 波的产生          | 294 |
| 16.4.3 PWM 控制方式           | 297 |
| 16.4.4 PWM 整流电路           | 301 |
| 16.5 交流调压电路               | 302 |
| 16.5.1 单向晶闸管交流调压电路        | 302 |
| 16.5.2 双向晶闸管交流调压电路        | 303 |

|               |                                    |            |
|---------------|------------------------------------|------------|
| 16.5.3        | 脉冲控制交流调压电路                         | 304        |
| 16.5.4        | 三相交流调压电路                           | 306        |
| 16.6          | 交-交变频电路 (AC-AC 变换电路)               | 306        |
| 16.6.1        | 单相交-交变频电路                          | 306        |
| 16.6.2        | 三相交-交变频电路                          | 309        |
| <b>第 17 章</b> | <b>常用芯片 (集成电路) 及其应用电路</b>          | <b>311</b> |
| 17.1          | 电源芯片及其应用电路                         | 311        |
| 17.1.1        | 三端固定输出稳压器 (78××/79××) 及其应用电路       | 311        |
| 17.1.2        | 三端可调输出稳压器 (×17/×37) 及其应用电路         | 314        |
| 17.1.3        | 三端低降压稳压器 AMS1117 及其应用电路            | 315        |
| 17.1.4        | 三端精密稳压器 TL431 及其应用电路               | 316        |
| 17.1.5        | 开关电源芯片 VIPer12A/VIPer22A 及其应用电路    | 318        |
| 17.1.6        | 开关电源控制芯片 UC384× 及其应用电路             | 320        |
| 17.1.7        | PWM 控制器芯片 SG3525/KA3525 及其应用电路     | 323        |
| 17.1.8        | 小功率开关电源芯片 PN8024 及其应用电路            | 326        |
| 17.2          | 运算放大器、电压比较器和音频功率放大器芯片及其应用电路        | 327        |
| 17.2.1        | 双运算放大器 LM358 及其应用电路                | 327        |
| 17.2.2        | 四运算放大器 LM324 及其应用电路                | 329        |
| 17.2.3        | 双电压比较器 LM393 及其应用电路                | 330        |
| 17.2.4        | 四电压比较器 LM339                       | 331        |
| 17.2.5        | 音频功率放大器 LM386 及其应用电路               | 332        |
| 17.2.6        | 音频功率放大器 TDA2030 及其应用电路             | 334        |
| 17.3          | 驱动芯片及其应用电路                         | 335        |
| 17.3.1        | 七路大电流达林顿三极管驱动芯片 ULN2003 及其应用电路     | 335        |
| 17.3.2        | 单全桥/单 H 桥/电动机驱动芯片 L9110 及其应用电路     | 337        |
| 17.3.3        | 双全桥/双 H 桥/电动机驱动芯片 L298/L293 及其应用电路 | 339        |
| 17.3.4        | IGBT 驱动芯片 M57962/M57959 及其应用电路     | 341        |
| 17.4          | 74 系列数字电路芯片及其应用电路                  | 342        |
| 17.4.1        | 74 系列芯片简介                          | 342        |
| 17.4.2        | 8 路三态输出 D 型锁存器芯片 74HC573 及其应用电路    | 346        |
| 17.4.3        | 三-八线译码器/多路分配器芯片 74HC138 及其应用电路     | 347        |
| 17.4.4        | 8 位串行输入并行输出芯片 74HC595 及其应用电路       | 349        |
| 17.4.5        | 8 路选择器/分配器芯片 74HC4051              | 350        |
| 17.4.6        | 串/并转换芯片 74HC164 及其应用电路             | 351        |
| 17.4.7        | 并/串转换芯片 74HC165 及其应用电路             | 352        |

# 第 1 章 电路分析基础

## 1.1 电路分析的基本方法与规律

学好电子电路的关键是学会分析电路，而分析电路先要掌握一些与电路分析有关的基本定律和方法。

### 1.1.1 欧姆定律

欧姆定律是电子技术中的一个最基本的定律，它反映了电路中电阻、电流和电压之间的关系。欧姆定律分为部分电路欧姆定律和全电路欧姆定律。

#### 1. 部分电路欧姆定律

**部分电路欧姆定律内容是：在电路中，流过导体的电流  $I$  的大小与导体两端的电压  $U$  成正比，与导体的电阻  $R$  成反比。即**

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

也可以表示为  $U=IR$  或  $R=\frac{U}{I}$ 。

为了让大家更好地理解欧姆定律，下面以图 1-1 为例来说明。

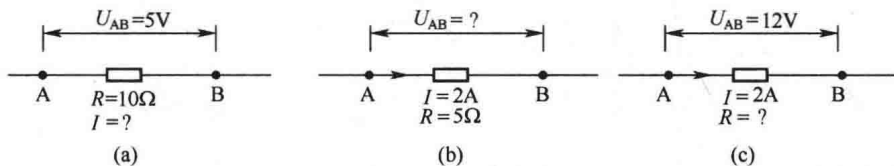


图 1-1 欧姆定律的几种形式

如图 1-1 (a) 所示，已知电阻  $R=10\Omega$ ，电阻两端电压  $U_{AB}=5V$ ，那么流过电阻的电流  $I = \frac{U_{AB}}{R} = \frac{5}{10} A = 0.5A$ 。

又如图 1-1 (b) 所示，已知电阻  $R=5\Omega$ ，流过电阻的电流  $I=2A$ ，那么电阻两端的电压  $U_{AB}=IR=(2\times 5)V=10V$ 。

在图 1-1 (c) 中，流过电阻的电流  $I=2A$ ，电阻两端的电压  $U_{AB}=12V$ ，那么电阻的大小  $R = \frac{U}{I} = \frac{12}{2} \Omega = 6\Omega$ 。

下面再来说明欧姆定律在实际电路中的应用，如图 1-2 所示。

在图 1-2 中，电源的电动势  $E=12V$ ，A、D 之间的电压  $U_{AD}$  与电动势  $E$  相等，三个电阻器  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  串接起来，可以相当于一个电阻器  $R$ ， $R=R_1+R_2+R_3=(2+7+3)\Omega=12\Omega$ 。知道了电

阻的大小和电阻器两端的电压，就可以求出流过电阻器的电流  $I$ ，即

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U_{AD}}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{12}{12} \text{ A} = 1 \text{ A}$$

求出了流过  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  的电流  $I$ ，并且它们的电阻大小已知，就可以求  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  两端的电压  $U_{R_1}$ （ $U_{R_1}$  实际就是 A、B 两点之间的电压  $U_{AB}$ ）、 $U_{R_2}$ （实际就是  $U_{BC}$ ）和  $U_{R_3}$ （实际就是  $U_{CD}$ ），即

$$U_{R_1} = U_{AB} = IR_1 = (1 \times 2) \text{ V} = 2 \text{ V}$$

$$U_{R_2} = U_{BC} = IR_2 = (1 \times 7) \text{ V} = 7 \text{ V}$$

$$U_{R_3} = U_{CD} = IR_3 = (1 \times 3) \text{ V} = 3 \text{ V}$$

从上面可以看出： $U_{R_1} + U_{R_2} + U_{R_3} = U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} = U_{AD} = 12 \text{ V}$ 。

在图 1-2 中如何求 B 点电位呢？首先要明白，求某点电位指的就是求该点与地之间的电压，所以 B 点电位  $U_B$ （习惯上称为电压  $U_B$ ）实际就是电压  $U_{BD}$ ，求  $U_B$  有以下两种方法。

方法一： $U_B = U_{BD} = U_{BC} + U_{CD} = U_{R_2} + U_{R_3} = (7 + 3) \text{ V} = 10 \text{ V}$ 。

方法二： $U_B = U_{BD} = U_{AD} - U_{AB} = U_{AD} - U_{R_1} = (12 - 2) \text{ V} = 10 \text{ V}$ 。

## 2. 全电路欧姆定律

全电路是指含有电源和负载的闭合回路。全电路欧姆定律又称闭合电路欧姆定律，其内容是：闭合电路中的电流与电源的电动势成正比，与电路的内、外电阻之和成反比，即

$$I = \frac{E}{R + R_0}$$

全电路欧姆定律应用说明图如图 1-3 所示。

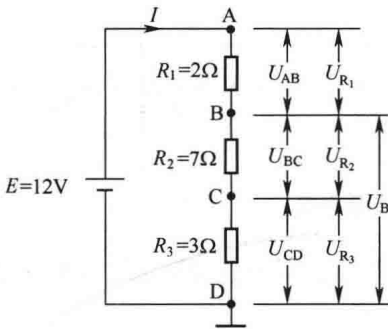


图 1-2 部分欧姆定律的应用说明图

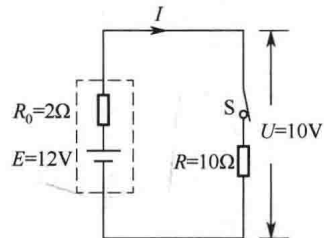


图 1-3 全电路欧姆定律应用说明图

图中虚线框内为电源， $R_0$  表示电源的内阻， $E$  表示电源的电动势，当开关 S 闭合后，电路中有电流  $I$  流过，根据全电路欧姆定律可求得  $I = \frac{E}{R + R_0} = \frac{12}{10 + 2} \text{ A} = 1 \text{ A}$ 。电源输出电压（也

即电阻  $R$  两端的电压） $U = IR = (1 \times 10) \text{ V} = 10 \text{ V}$ ，内阻  $R_0$  两端的电压  $U_0 = IR_0 = (1 \times 2) \text{ V} = 2 \text{ V}$ 。如果将开关 S 断开，电路中的电流  $I = 0$ ，那么内阻  $R_0$  上消耗的电压  $U_0 = 0 \text{ V}$ ，电源输出电压  $U$  与电源电动势相等，即  $U = E = 12 \text{ V}$ 。

根据全电路欧姆定律不难看出：

① 当电源未接负载时，不管电源内阻多大，内阻消耗的电压始终为 0，电源两端电压与



电动势相等。

② 当电源与负载构成闭合电路后，由于有电流流过内阻，内阻会消耗电压，从而使电源输出电压降低。内阻越大，内阻消耗的电压越大，电源输出电压越低。

③ 在电源内阻不变的情况下，如果外阻越小，电路中的电流越大，则内阻消耗的电压也越大，电源输出电压也会降低。

由于正常电源的内阻很小，内阻消耗的电压很低，故一般情况下可认为电源的输出电压与电源电动势相等。

利用全电路欧姆定律可以解释很多现象。比如旧电池两端电压与正常电压相同，但将旧电池与电路连接后，除了输出电流很小外，电池的输出电压也会急剧下降，这是因为旧电池内阻变大的缘故；又如将电源正、负极直接短路时，电源会发热甚至烧坏，这是因为短路时流过电源内阻的电流很大，内阻消耗的电压与电源电动势相等，大量的电能内阻上消耗并转换成热能，故电源会发热。

## 1.1.2 电功、电功率和焦耳定律

### 1. 电功

电流流过灯泡，灯泡会发光；电流流过电炉丝，电炉丝会发热；电流流过电动机，电动机会运转。由此可以看出，**电流流过一些用电设备时是会做功的，电流做的功称为电功。用电设备做功的大小不但与加到用电设备两端的电压及流过的电流有关，还与通电时间长短有关。**电功可用下面的公式计算：

$$W=UIt$$

式中， $W$ 表示电功，单位是焦[耳] (J)； $U$ 表示电压，单位是伏[特] (V)； $I$ 表示电流，单位是安[培] (A)； $t$ 表示时间，单位是秒 (s)。

**电功的单位是焦[耳] (J)，在电学中还常用到另一个单位：千瓦时 (kWh)，也称度，1千瓦时=1度。千瓦时与焦耳之间的关系是：**

$$1 \text{ 千瓦时} = 1 \times 10^3 \text{ 瓦} \times (60 \times 60) \text{ 秒} = 3.6 \times 10^6 \text{ 瓦} \cdot \text{秒} = 3.6 \times 10^6 \text{ 焦耳}$$

1千瓦时可以这样理解：一个电功率为100W的灯泡连续使用10个小时，消耗的电功为1千瓦时（即消耗1度电）。

### 2. 电功率

电流需要通过一些用电设备才能做功，为了衡量这些设备做功能力的大小，引入一个电功率的概念。**电流单位时间做的功称为电功率。电功率常用 $P$ 表示，单位是瓦[特] (W)，此外还有千瓦 (kW) 和毫瓦 (mW)，它们之间的关系是：**

$$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W} = 10^6 \text{ mW}$$

电功率的计算公式是：

$$P=UI$$

根据欧姆定律可知  $U=IR$ ， $I=U/R$ ，所以电功率还可以用公式  $P=I^2R$  和  $P=U^2/R$  来求。

下面以图1-4所示电路来说明电功率计算。

在图1-4电路中，灯泡两端的电压为220V（它与电源的电动势相等），流过灯泡的电流