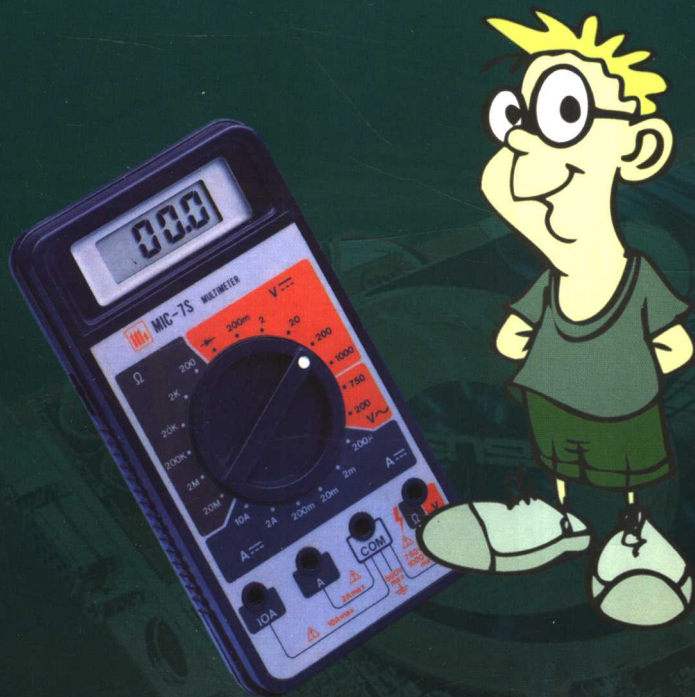


ZENYANGKAN  
DIANZI XIANLUTU

# 怎样看 电子线路图

(第三版)



福建科学技术出版社

FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

# 怎样看 电子线路图

(第三版)

程勇 卢文吉 赵博 编著



福建科学技术出版社  
FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

ZENYANXIANLUTU  
DIANZIXIANLUTU

**图书在版编目 (CIP) 数据**

怎样看电子线路图/程勇, 卢文吉, 赵博编著: —3 版.

—福州: 福建科学技术出版社, 2006. 7

ISBN 7-5335-2825-5

I. 怎… II. ①程…②卢…③赵… III. 电子电路—  
识图法 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 034835 号

|      |                                    |
|------|------------------------------------|
| 书 名  | 怎样看电子线路图 (第三版)                     |
| 编 著  | 程勇 卢文吉 赵博                          |
| 出版发行 | 福建科学技术出版社 (福州市东水路 76 号, 邮编 350001) |
| 网 址  | www.fjstp.com                      |
| 经 销  | 各地新华书店                             |
| 排 版  | 福建科学技术出版社排版室                       |
| 印 刷  | 人民日报社福州印务中心                        |
| 开 本  | 850 毫米×1168 毫米 1/32                |
| 印 张  | 12.25                              |
| 字 数  | 286 千字                             |
| 版 次  | 2006 年 7 月第 3 版                    |
| 印 次  | 2006 年 7 月第 5 次印刷                  |
| 印 数  | 28 001—32 000                      |
| 书 号  | ISBN 7-5335-2825-5                 |
| 定 价  | 21.80 元                            |

书中如有印装质量问题, 可直接向本社调换

# 前 言

电子技术是一项非常重要的技术，它推动着社会进步改善着人类的生活。如今的人们已越来越多地依赖于它了。正因如此，这种有趣和神秘的技术，以其广泛的应用前景吸引了众多的爱好者和研究者。

电子技术虽然很神秘，且具有一定的难度，但是只要我们认真学习，细心实践，准备好学习这门技术相关的一些基础知识，就一定能顺利跨进这个神秘的科学殿堂。

在进行电子电路的学习和制作中，最常见的就是各类电路图了，它是人们为了对实际的电子电路进行描述而使用的一种符号语言。不论是设计电子产品还是生产成品都离不开这套功能强大的电路描述图形。如果不掌握看懂电路图的基本知识，就根本无法进行电子电路方面的工作，更谈不上研究和精通。

要想顺利进入电子电路的世界，首先得了解一些基础的电路知识，学会看各种各样基本的电路图。目前介绍怎样看电路图的书籍很多，但大都是对这些知识的旁白和描述。本书试图从另外一种更能让读者接受的角度，即从各种模拟、数字电路的原理出发，为读者详细介绍各类常用电子元器件的结构、电路符号、外观、使用技巧等，同时介绍各类电路图的结构、特点以及它们在实际使用中要注意的事项等等。

编写本书的目的是使读者通过对这本书的学习，能够从原理上了解和掌握各种电路元器件的性能、符号、使用场合，一般电

路图的识图方法，各类常用电路（比如放大电路、运放电路、振荡电路、数字电路等）的工作原理、电路结构以及常用集成电路的特点，从而为自己后续深入学习电子技术知识打下坚实的基础。

本书在前面两版的基础上进一步充实了有关读图和分析电路的一些方法，增加了大量常见电路的阅读和分析实例。相信读者在阅读本书后会得到更大的收获。本书是广大电子电路爱好者及大中专院校相关专业学生学习模拟电路和数字电路的铺路书籍。

本书在编写过程中得到了不少朋友的帮助，特别是刘宽、张佳、魏玮等为本书做了大量的资料收集和整理工作，在此表示衷心的感谢！另外，本书在编写过程中参考了一些报纸杂志的资料，在此对原作者表示衷心感谢，并请他们与我们联系。

由于各种原因的限制，书中难免有所疏漏，对此恳请广大读者批评和指正。

编著者

2006年7月

# 目 录

## 第一篇 电子元器件

### 第一章 电路中的基本元器件 ..... (2)

#### 第一节 电阻器 ..... (2)

一、电阻器基本知识 ..... (2)

二、电阻器的分类 ..... (3)

三、电阻器的标称值和读值方法 ..... (5)

四、电阻器的主要性能指标 ..... (9)

五、电阻的作用和使用方法 ..... (11)

#### 第二节 电容器 ..... (12)

一、电容器基本知识 ..... (12)

二、电容器的分类 ..... (13)

三、电容器的标称值和读值方法 ..... (16)

四、电容器的主要性能指标 ..... (17)

五、电容器的作用和使用方法 ..... (18)

#### 第三节 电感线圈和变压器 ..... (21)

一、电感线圈 ..... (21)

二、变压器 ..... (26)

|                       |      |
|-----------------------|------|
| 第四节 电声器件 .....        | (31) |
| 一、扬声器 .....           | (31) |
| 二、压电陶瓷片 .....         | (32) |
| 三、耳机 .....            | (33) |
| 四、传声器 .....           | (34) |
| 第五节 供电器件 .....        | (35) |
| 一、电源概述 .....          | (35) |
| 二、电池的分类 .....         | (36) |
| 三、电池的主要性能指标 .....     | (39) |
| 第二章 半导体器件 .....       | (40) |
| 第一节 晶体二极管 .....       | (40) |
| 一、二极管的结构和工作原理 .....   | (41) |
| 二、二极管的导电特性 .....      | (42) |
| 三、二极管的主要参数 .....      | (44) |
| 四、二极管的简易测试方法 .....    | (44) |
| 五、常见的二极管及其分类 .....    | (45) |
| 第二节 晶体三极管 .....       | (50) |
| 一、三极管的结构 .....        | (50) |
| 二、三极管的工作原理 .....      | (51) |
| 三、三极管的检测 .....        | (53) |
| 四、三极管的性能参数 .....      | (54) |
| 五、三极管的型号及命名方法 .....   | (59) |
| 六、三极管的封装形式和管脚识别 ..... | (60) |
| 七、三极管的应用 .....        | (61) |
| 第三节 场效应三极管 .....      | (63) |

|                       |      |
|-----------------------|------|
| 一、结型场效应三极管 .....      | (63) |
| 二、MOS 场效应三极管 .....    | (67) |
| 第四节 晶闸管 .....         | (72) |
| 一、晶闸管的基本知识 .....      | (72) |
| 二、单向晶闸管的工作原理及特性 ..... | (74) |
| 三、双向晶闸管的工作原理及特性 ..... | (78) |
| 四、晶闸管的主要性能指标 .....    | (79) |
| 五、晶闸管的检测 .....        | (81) |
| 六、晶闸管的应用 .....        | (82) |
| 第三章 特殊器件 .....        | (83) |
| 第一节 电子管 .....         | (83) |
| 一、电子管概述 .....         | (83) |
| 二、电子管的类型 .....        | (84) |
| 三、电子管的命名规则 .....      | (86) |
| 四、电子管的使用 .....        | (88) |
| 第二节 晶体振荡器和陶瓷滤波器 ..... | (89) |
| 一、石英晶体振荡器 .....       | (89) |
| 二、陶瓷滤波器 .....         | (90) |
| 三、声表面波滤波器 .....       | (91) |
| 第三节 传感器 .....         | (93) |
| 一、光敏传感器 .....         | (93) |
| 二、压力传感器 .....         | (96) |
| 三、热敏传感器 .....         | (97) |
| 四、新型传感器 .....         | (98) |
| 第四节 显示器件 .....        | (99) |

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 一、半导体数码管 .....               | (99)  |
| 二、液晶显示器 .....                | (102) |
| 三、大型显示器 .....                | (104) |
| 第五节 光电耦合器 .....              | (105) |
| 一、封闭式光电耦合器 .....             | (105) |
| 二、反射式光电耦合器 .....             | (108) |
| 三、透射式光电耦合器 .....             | (109) |
| 第四章 集成电路器件 .....             | (111) |
| 第一节 集成电路器件基础 .....           | (111) |
| 一、集成电路概述 .....               | (111) |
| 二、集成电路器件的分类 .....            | (112) |
| 三、集成电路器件的封装与外形 .....         | (114) |
| 四、集成电路器件的命名方式 .....          | (115) |
| 第二节 数字集成电路器件 .....           | (117) |
| 一、基本集成逻辑门电路 .....            | (118) |
| 二、TTL 电路和 CMOS 电路 .....      | (124) |
| 三、常用数字集成电路系列 .....           | (127) |
| 第三节 厚膜电路和模块电路器件 .....        | (128) |
| 一、厚膜集成电路器件 .....             | (128) |
| 二、模块电路器件 .....               | (129) |
| 第四节 嵌入式系统器件 .....            | (131) |
| 一、嵌入式微控制器 (MCU, 单片机) .....   | (132) |
| 二、嵌入式微处理器 (MPU) .....        | (133) |
| 三、数字信号处理器 (DSP) .....        | (135) |
| 四、复杂可编程逻辑器件 (CPLD) 和现场可编程门阵列 |       |

|              |       |
|--------------|-------|
| (FPGA) ..... | (136) |
|--------------|-------|

## 第二篇 基本电路读图

|                  |       |
|------------------|-------|
| 第五章 电路读图概述 ..... | (140) |
|------------------|-------|

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 第一节 电路图的类别与组成 ..... | (140) |
|---------------------|-------|

|                  |       |
|------------------|-------|
| 一、电子电路图的定义 ..... | (140) |
|------------------|-------|

|                  |       |
|------------------|-------|
| 二、电子电路图的分类 ..... | (141) |
|------------------|-------|

|                |       |
|----------------|-------|
| 三、电路图的组成 ..... | (144) |
|----------------|-------|

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 第二节 电路图的阅读和分析方法 ..... | (145) |
|-----------------------|-------|

|                    |       |
|--------------------|-------|
| 一、阅读和分析的基本方法 ..... | (145) |
|--------------------|-------|

|                  |       |
|------------------|-------|
| 二、制作电路时的读图 ..... | (148) |
|------------------|-------|

|                  |       |
|------------------|-------|
| 三、分析电路时的读图 ..... | (149) |
|------------------|-------|

|                  |       |
|------------------|-------|
| 第六章 模拟电路读图 ..... | (152) |
|------------------|-------|

|                  |       |
|------------------|-------|
| 第一节 放大电路读图 ..... | (152) |
|------------------|-------|

|                 |       |
|-----------------|-------|
| 一、三极管放大电路 ..... | (153) |
|-----------------|-------|

|                  |       |
|------------------|-------|
| 二、场效应管放大电路 ..... | (168) |
|------------------|-------|

|                |       |
|----------------|-------|
| 三、差分放大电路 ..... | (175) |
|----------------|-------|

|                   |       |
|-------------------|-------|
| 四、放大电路中的负反馈 ..... | (184) |
|-------------------|-------|

|                  |       |
|------------------|-------|
| 第二节 整流电路读图 ..... | (191) |
|------------------|-------|

|                |       |
|----------------|-------|
| 一、半波整流电路 ..... | (191) |
|----------------|-------|

|                |       |
|----------------|-------|
| 二、全波整流电路 ..... | (194) |
|----------------|-------|

|                |       |
|----------------|-------|
| 三、桥式整流电路 ..... | (197) |
|----------------|-------|

|                |       |
|----------------|-------|
| 四、倍压整流电路 ..... | (199) |
|----------------|-------|

|                      |       |
|----------------------|-------|
| 第三节 滤波电路读图 .....     | (201) |
| 一、电容器滤波电路 .....      | (202) |
| 二、电感滤波电路 .....       | (204) |
| 三、复式滤波电路 .....       | (206) |
| 第四节 稳压电路读图 .....     | (207) |
| 一、稳压电路的类别 .....      | (207) |
| 二、线性直流稳压电路 .....     | (208) |
| 三、开关型直流稳压电路 .....    | (219) |
| 第五节 正弦波振荡电路读图 .....  | (234) |
| 一、正弦波振荡电路概述 .....    | (234) |
| 二、正弦波振荡电路的组成 .....   | (235) |
| 三、RC 振荡电路 .....      | (236) |
| 四、LC 振荡电路 .....      | (240) |
| 五、石英晶体振荡电路 .....     | (244) |
| 第六节 集成运算放大电路读图 ..... | (246) |
| 一、集成运算放大器 .....      | (246) |
| 二、理想集成运放 .....       | (250) |
| 三、比例运算器电路 .....      | (252) |
| 四、加法运算器电路 .....      | (254) |
| 五、减法运算器电路 .....      | (255) |
| 第七章 数字电路读图 .....     | (256) |
| 第一节 触发器电路的读图 .....   | (256) |
| 一、基本 RS 触发器电路 .....  | (256) |
| 二、JK 触发器电路 .....     | (260) |
| 三、D 触发器电路 .....      | (264) |

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| 四、T 触发器电路 .....          | (268) |
| 第二节 组合逻辑电路读图 .....       | (270) |
| 一、组合逻辑电路 .....           | (270) |
| 二、编码器电路 .....            | (271) |
| 三、译码器电路 .....            | (276) |
| 四、数据选择器电路 .....          | (281) |
| 第三节 时序逻辑电路读图 .....       | (284) |
| 一、时序逻辑电路概述 .....         | (284) |
| 二、状态表、状态图及时序图 .....      | (286) |
| 三、同步时序电路的读图分析 .....      | (287) |
| 四、异步时序电路的读图分析 .....      | (292) |
| 五、寄存器电路 .....            | (295) |
| 六、计数器电路 .....            | (302) |
| 第四节 DAC 和 ADC 电路读图 ..... | (304) |
| 一、D/A 转换电路 (DAC) .....   | (304) |
| 二、A/D 转换电路 (ADC) .....   | (312) |

## 第三篇 实用电路读图

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| 第八章 实用电路读图实例 .....      | (322) |
| 第一节 实用模拟电路读图实例 .....    | (322) |
| 一、生日音乐卡改制成的电子门铃电路 ..... | (322) |
| 二、三极管高频宽带放大电路 .....     | (323) |
| 三、红外遥控延时灯电路 .....       | (325) |
| 第二节 实用数字电路读图实例 .....    | (326) |

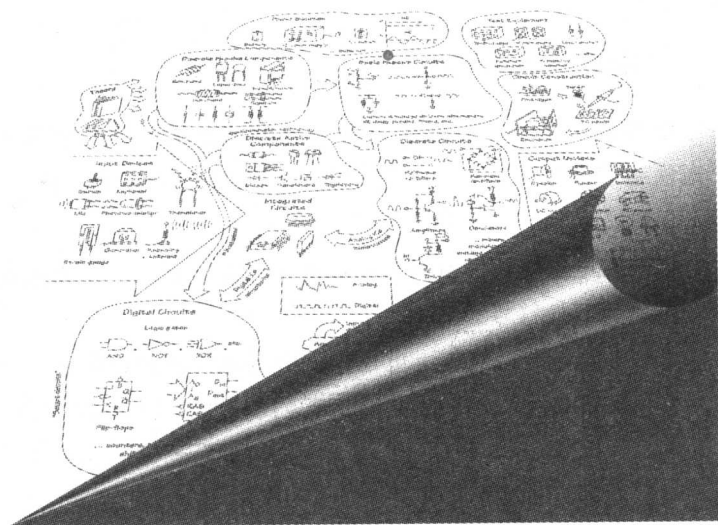
|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| 一、用 CD4069 制作的逻辑笔电路 .....     | (326)        |
| 二、三位半计数、显示电路 .....            | (328)        |
| 三、单按钮音量控制器 .....              | (329)        |
| <b>第九章 收音机电路读图 .....</b>      | <b>(332)</b> |
| <b>第一节 调制 .....</b>           | <b>(332)</b> |
| 一、电磁波的发射与传播 .....             | (332)        |
| 二、声音信号的调制与发射 .....            | (333)        |
| <b>第二节 收音机电路的读图方法 .....</b>   | <b>(334)</b> |
| 一、看懂整机结构方框图 (化整为零) .....      | (334)        |
| 二、找出核心单元电路和关键点 (化繁为简) .....   | (336)        |
| 三、分清交、直流通路和信号流程 (从静到动) .....  | (337)        |
| 四、归纳、总结整机工作原理和性能 (从头到尾) ..... | (338)        |
| <b>第三节 再生式单管收音机电路 .....</b>   | <b>(338)</b> |
| 一、三极管的直流通路 .....              | (339)        |
| 二、高、低频交流通路 .....              | (339)        |
| <b>第四节 超外差式七管收音机电路 .....</b>  | <b>(340)</b> |
| 一、超外差式收音机的方框图和工作波形 .....      | (340)        |
| 二、超外差式七管收音机电路分析 .....         | (343)        |
| 三、多波段收音机电路的特点 .....           | (346)        |
| <b>第五节 集成电路收音机电路 .....</b>    | <b>(347)</b> |
| 一、用高阻耳机收听的单片收音机电路 .....       | (347)        |
| 二、用小功率扬声器收听的单片收音机电路 .....     | (349)        |
| <b>第十章 电视机电路读图 .....</b>      | <b>(350)</b> |
| <b>第一节 电视信号传送过程 .....</b>     | <b>(350)</b> |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 一、电视信号的调制与发送 .....            | (350) |
| 二、电视信号的接收 .....               | (352) |
| 第二节 电视机电路概述 .....             | (352) |
| 一、电视机电路的结构 .....              | (352) |
| 二、电视机的信号波形 .....              | (353) |
| 三、电视机的信号流程 .....              | (354) |
| 四、集成电路电视机的特点 .....            | (357) |
| 第三节 $\mu$ PC 三片式电视机电路分析 ..... | (358) |
| 一、高频调谐器 (高频头) .....           | (358) |
| 二、公共通道电路 .....                | (364) |
| 三、伴音通道电路 .....                | (367) |
| 四、同步分离和场扫描电路 .....            | (370) |
| 五、行扫描电路 .....                 | (372) |
| 六、视放末级电路和显像管电路 .....          | (375) |
| 七、稳压电源电路 .....                | (377) |

怎样看电子线路图  
(第三版)

第一篇

电子元器件



# 第一章 电路中的基本元器件

所有的电子电路都是由相应的元器件通过一定的规律连接而成的。为了能够看懂电子电路图，认识和熟悉常用的电子元器件是首要条件。本篇将介绍电路中最常见的电子元器件，包括集成电路器件。

## 第一节 电阻器

电阻器是电子电路图中最常看到的基本电路元件之一，几乎所有的电路中都有它的存在。为了学会看电路，首先要了解电阻器。

### 一、电阻器基本知识

电阻器是一种对电流流动具有一定阻挡力的元件，简称电阻。通常用字母  $R$  来表示。它在电路中的作用有：限流、降压、分压、保护、启动、去耦等。

电阻器在电路图中的符号表示如图 1.1.1 所示，(a) 为优选符号，(b) 为其他符号。

如果在电阻器的两端加上电压，就会有电流流过电阻器，电流的大小和加在电阻器上的电压大小成正比，即有  $I=V/R$ ，电阻的标准单位为  $\Omega$  (欧， $1\Omega=1V/1A$ )。为了方便，还常用  $k\Omega$ 、 $M\Omega$  来表示电阻，它们的换算关系为： $1k\Omega=10^3\Omega$ ； $1M\Omega=10^6\Omega$ 。

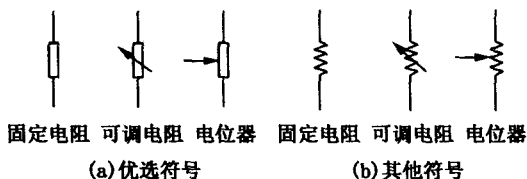


图 1.1.1 电阻器的符号

在电子线路图中，电阻的单位  $\Omega$  常省略不标出，如 33k、10M、100 等，这是在看电路图的时候要注意的。

## 二、电阻器的分类

在电路中实际使用的电阻器按其外形及制作材料分类有：金属膜电阻、炭膜电阻、线绕电阻、水泥电阻、无感电阻、热敏电阻、压敏电阻、贴片电阻等。

炭膜电阻和金属膜电阻是在绝缘的陶瓷管上镀一层极薄的导电炭膜或金属膜制成的。导电膜外涂保护油漆并印有色环，以表示其阻值的大小。其中金属膜电阻的阻值受温度影响小、稳定度较高，但售价比炭膜电阻略贵。

线绕电阻是用镍铬丝或康铜丝在陶瓷管上绕制而成的，外面一般涂有黑色保护漆，电阻值通常直接印在保护漆外面。这种电阻工作稳定可靠、误差较小、耐温较高，一般用于大功率、高精度场合。但由于电阻丝绕制成线圈状在高频应用环境下会有电感效应，所以在高频环境下一般不使用这类电阻。非用不可时也有用双线绕制法来减小其电感效应。

电阻器如果按阻值是否可变来分，又可分为固定电阻、可变电阻和微调电阻等。

固定电阻是指电阻阻值固定的电阻器，常用型号有 RT 型