

汽车电脑 结构原理与维修

解国峰 主编

辽宁科学技术出版社

沈 阳

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车电脑结构原理与维修 / 解国峰主编. — 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2015.2
ISBN 978-7-5381-9031-1

I. ①汽… II. ①解… III. ①汽车—计算机控制系统—系统结构 ②汽车—计算机控制系统—维修 IV. ①U463.6 ②U472.41

中国版本图书馆CIP数据核字 (2015) 第023240号

出版发行: 辽宁科学技术出版社
(地址: 沈阳市和平区十一纬路29号 邮编: 110003)
印刷者: 沈阳全成广告印务有限公司
经销者: 各地新华书店
开 本: 787mm × 1092mm 1/16
印 张: 16.5
字 数: 450 千字
出版时间: 2015 年 2 月第 1 版
印刷时间: 2015 年 2 月第 1 次印刷
责任编辑: 董 波
版式设计: 于 浪
责任校对: 李 雪

书 号: ISBN 978-7-5381-9031-1
定 价: 43.00 元

邮购热线: 024-23284502
<http://www.lnkj.com.cn>

本社法律顾问: 陈光律师
咨询电话: 13940289230

前 言

汽车电子技术发展很快,优化控制技术、传感器技术、网络技术等在汽车上的应用越来越广泛,汽车电脑已经从科研阶段进入了商品生产的成熟阶段,汽车电脑维修现已成为汽车维修行业的热点和难点。汽车电脑维修难度很大,在维修汽车电脑时,需要参考相关资料,现在市面上有关汽车电脑维修的资料不多,为了满足读者需要,编写本书。

本书系统而全面地介绍了汽车电脑的维修知识,内容包括:电子基础知识、数字电路基础知识、单片机的结构与原理、汽车电脑维修基本技能、汽车电脑技术分析、汽车电脑内部电路图、汽车电脑典型维修案例等,书中内容翔实,图文并茂,实用性和可读性均很强。

本书由解国峰主编,副主编为尹力卉和杨峰,参加编写的人员还有崔丽萍、王美林、高义双、李兆生、殷建新、黄福献、王美霞、沈启鲁、曹铭石、吴俊杰、修丽娜、杨娜、杨建新、苏威、何磊、张英、张敏、孙宝明、王梅、丁云鹏、李宏、葛莉华、曲雪苓、范志丹、王新铭、袁金辉、于天宝、常兴华、温军、王艳、孙成俭、吕兵、毕然、王玉娟、周立香、贾占德、闫冬梅、王西芳、赵更义、孙丽敏、范茜、李萌、姬东霞、崔宁、周建勋、姬凤娥、依志国、朱宏、林朝辉、李海港、王维先、王珏、杨玉丰、白秀友、张刚、于彦军、邢德军、周琦珂、武楠、张弓、刘长润、于松涛、尹福存、赵中玲、赵明、阎升毅、陆庆锋、李改玲、杨海涛、高艳霞、周芳、徐丽杰、袁立嘉、梁莉莉、石未华、樊勇、马选刚、许锋、孙守鹏、梁维波、张永波、梁立学、田有为、常勇、张明阳、郑利民、于浩、邹少一、王林、徐扬、刘贤金、郑瑞、赵金鹏、王磊、岳廷杰、隋明轩、刘佳等。在编写过程中,参考了一些资料,得到了李静等同志的帮助,在此表示感谢!

由于时间仓促,水平有限,书中不当或错误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前 言

第一章 汽车电脑维修电子基础知识	1
第一节 电阻	1
第二节 电容器	5
第三节 半导体二极管	8
第四节 半导体三极管	11
第五节 集成电路	15
第二章 汽车电脑结构与工作原理	19
第一节 汽车电脑概述	19
第二节 输入信号处理器	22
第三节 存储器	25
第四节 微处理器	26
第五节 输出信号处理器	27
第六节 系统自我测试	31
第七节 多工作业系统	33
第三章 汽车电脑维修数字电路基础知识	35
第一节 数字电路概述	35
第二节 数制与码制	37
第三节 逻辑代数基础	42
第四节 晶体管开关特性	45
第五节 逻辑门电路	51
第六节 触发器	68
第七节 组合逻辑电路	78
第八节 时序逻辑电路	93
第四章 单片机的结构与工作原理	102
第一节 概述	102
第二节 MOTOROLA 系列单片机	102
第三节 SIEMENS 系列单片机	117
第四节 INTEL 系列单片机	128
第五章 电脑维修工具和设备	142
第一节 工具、仪表和材料	142
第二节 焊接技巧	147
第六章 国内常见车型汽车电脑典型故障剖析	150
第一节 金杯单点玛瑞利发动机电脑典型故障剖析	150
第二节 摩托罗拉 465 发动机电脑典型故障剖析	153
第三节 Motronic1.5.4 发动机电脑典型故障剖析	153
第四节 摩托罗拉 491 发动机电脑典型故障剖析	157
第五节 红旗 488 发动机电脑典型故障剖析	161

第六节	博世 ME7.5 发动机电脑典型故障剖析	163
第七节	德尔福汽车发动机电脑典型故障剖析	165
第八节	一汽大众捷达 01M 自动变速器典型故障剖析	166
第九节	红旗世纪星 VG20E 发动机电脑典型故障剖析	166
第七章	汽车电脑内部维修常用易损元件原理图	169
第一节	奥迪 100 (V6 2.6E) 电脑	169
第二节	红旗电脑	176
第三节	富康电脑	178
第四节	桑塔纳 2000 时代超人电脑	179
第五节	金杯单点玛瑞利电脑	180
第六节	Motronic1.5.4 电脑	183
第七节	摩托罗拉 465 电脑	186
第八节	摩托罗拉 491 电脑	189
第八章	汽车发动机电脑内部电路图和端子说明	192
第一节	奥迪 100 (V6 2.6E) 发动机电脑	192
第二节	红旗 488 发动机电脑	202
第三节	富康发动机电脑	208
第四节	桑塔纳 2000 时代超人发动机电脑	213
第五节	单点玛瑞利发动机电脑	220
第六节	Motronic1.5.4 发动机电脑	226
第七节	摩托罗拉 465 发动机电脑	233
第八节	摩托罗拉 491 发动机电脑	238
第九节	德尔福发动机电脑	243
第十节	博世 ME7.5 发动机电脑	249
第十一节	奥迪 A6 (C5) 仪表板电脑	255
第十二节	奔驰 EIS 电脑	256

第一章 汽车电脑维修电子基础知识

电子元件是在电路中具有独立电气功能的基本单元，它在各类电子产品中占有重要地位。熟悉和掌握各类电子元件的性能、特点和使用方法等，对电子产品的设计、制造和维修来说是十分重要的。汽车电脑常用的电子元件有电阻、电容、二极管、三极管和集成电路等。

第一节 电 阻

一、电阻的种类

在电子产品中电阻是一种必不可少的元件。它的种类繁多，形状各异，功率也不同，在电路中用来控制电流，分配电压。它应用在汽车的各个领域，其中最常用的电阻器有碳膜电阻器、金属膜电阻器、金属氧化膜电阻器、合成碳膜电阻器和贴片电阻器。在汽车电脑中用得最多的是碳膜电阻器、金属膜电阻器和贴片电阻器。

(1) 按制作材料分类。电阻按制作材料分为线绕电阻、膜式电阻、碳质电阻等。

(2) 按结构形式分类。电阻按结构形式分为固定电阻和可变电阻两大类。固定电阻的种类比较多，主要有碳质电阻、碳膜电阻、金属电阻和线绕电阻等。固定电阻的电阻值是固定不变的，限值的大小就是它的标称值。固定电阻常用字母 R 表示。

(3) 按引出线的不同分类。电阻按引出线的不同可分为轴向引线电阻和无引线电阻。

(4) 按用途分类。电阻按用途分为精密电阻、高频电阻、高压电阻、大功率电阻、热敏电阻、熔断电阻等。

常见电阻外形见图 1-1，常见电阻符号见图 1-2。



图 1-1 常见电阻外形

二、常用的电阻

(1) 碳膜电阻。碳膜电阻是最早、最广泛使用的电阻。它由碳沉积在瓷质基体上制成，通过改变碳膜的厚度和长度可以得到不同阻值。其主要特点是耐高温，当环境温度升高时，与其他电阻相比，其阻值变化很小。其高频特性好，精度高，常在精密仪表等高档设备中使用。

(2) 金属膜电阻。金属膜电阻是在真空条件下，在瓷质基体上沉积一层合金粉制成。通过改

变金属膜的厚度和长度可得到不同的阻值。其主要特点是耐高温，当环境温度升高后，与碳膜电阻相比，其阻值变化很小。其高频特性好，精度高，常在精密仪表等高档设备中使用。

(3) 保险电阻。保险电阻具有双重功能，在正常情况下具有普通电阻的电气特性，一旦电路中出现过压、过流或某个元器件损坏，保险电阻就会在规定的时间内熔断，从而达到保护其他元件的目的。

(4) 线绕电阻。线绕电阻是用康铜丝或锰铜丝缠绕在绝缘骨架上制成的，而线绕可调电阻主要用在各种低频电路的电压或电流调整。有些车型的自动变速器电脑中就用到了—种白色的固定线绕电阻，起着限压限流作用。线绕电阻具有耐高温、精度高、功率大等优点，但其高频特性差，这主要是由于其分布电感较大。线绕电阻广泛应用在低频的精密仪表中。

(5) NTC 和 PTC 热敏电阻。NTC 热敏电阻是一种具有负温度系数的热敏元件，其阻值随温度升高而减小，可用于稳定电路的工作点。PTC 热敏电阻是一种具有正温度系数的热敏元件。在达到某一特定温度前，电阻值随温度升高而缓慢下降，当超过这个温度时，其阻值急剧增大，这个特定温度点称为居里点。PTC 热敏电阻的居里点可通过改变其材料中各成分的比例而变化。汽车电子控制系统中的水温传感器、空气温度传感器用的都是热敏电阻。

(6) 光敏电阻。光敏电阻是一种电导率随着吸收的光量子多少而变化的敏感电阻。它是利用半导体的光电效应特性制成的。其电阻值随着光照的强弱而变化。光敏电阻主要用于各种自动控制、光电计数、光电跟踪和照相机的自动曝光等场合。

(7) 其他敏感电阻。湿敏电阻、磁敏电阻、气敏电阻、力敏电阻、压敏电阻等敏感电阻在汽车领域中广泛应用，很多汽车电脑中并接在电源电路上的—是压敏电阻。在汽车空调系统中也用到了光敏电阻和湿敏电阻。

(8) 排电阻。在汽车电脑中还经常用到排电阻，见图 1-3。它是一种将按一定规律排列的分立电阻器集成在一起的组合型电阻器，也称集成电阻器。排电阻有单列式（SIP）和双列直插式（DIP）两种结构，其中单列式用得最多。排电阻具有体积小、安装方便等优点，在各种电子电路中与大规模集成电路（如 CPU 等）配合使用。内部电阻器的排列有多种形式，常用的几种见图 1-4。排电阻适合用在多个电阻阻值相同，而且其中的一个引脚都连在电路的同一位置的场合。排电阻比分立电阻体积小，安装方便，但价格也稍贵。

(9) 贴片电阻。贴片电阻因体积小、节省空间等优点而广泛应用在各种汽车电脑中，其结构见图 1-5。贴片电阻有以下特性：(a) 体积小，重量轻。(b) 适应再流焊与波峰焊。(c) 电性能稳定，可靠性高。(d) 装配成本低，并与自动装贴设备匹配。(e) 机械强度高，高频特性优越。

三、电阻的主要参数和标识

标称阻值是指电阻表面所标示的阻值。除特殊定做的以外，其阻值范围应符合国际规定的阻值系列。目前电阻标称阻值有三大系列：E6、E12、E24，其中 E24 系列最全，见表 1-1。标称阻值往往与其实阻值有一定偏差，这个偏差与标称阻值的百分比为电阻的误差。误差越小，电阻精度越高。

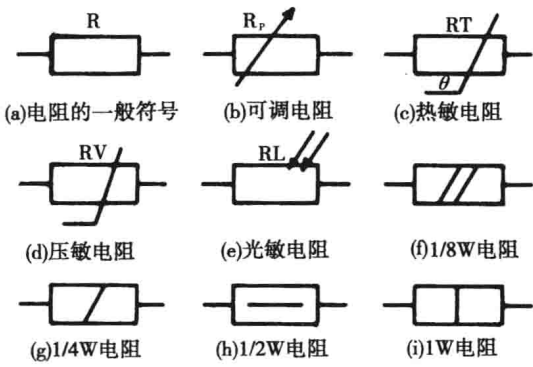


图 1-2 常见电阻符号

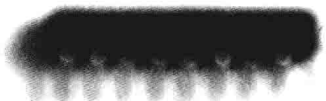


图 1-3 排电阻

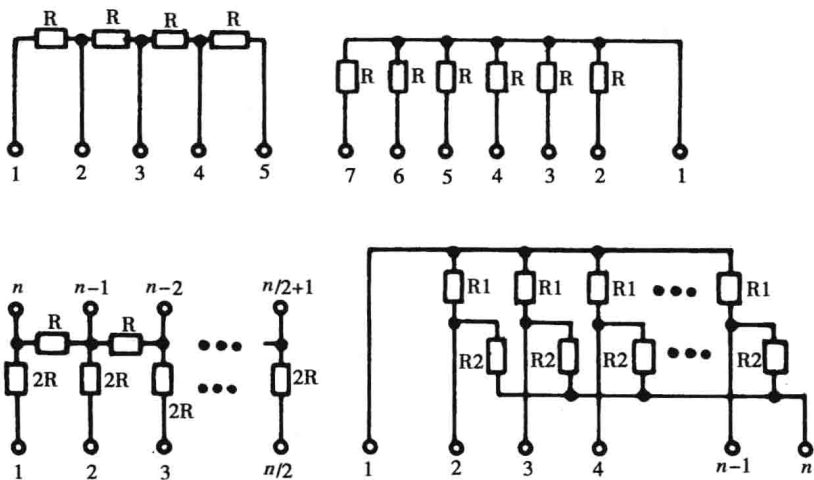


图 1-4 排电阻内部电路



图 1-5 贴片电阻

表 1-1 电阻标称阻值系列

系 列	精 度	标 称 阻 值
E24	$\pm 5\%$	1.0、1.1、1.2、1.3、1.5、1.6、1.8、2.0、2.2、2.4、2.7、3.0、3.3、3.6、3.9、4.3、4.7、5.1、5.6、6.2、6.8、7.5、8.2、9.1
E12	$\pm 10\%$	1.0、1.2、1.5、1.8、2.2、2.7、3.3、3.9、4.7、5.6、6.8、8.2
E6	$\pm 20\%$	1.0、1.5、2.2、3.3、4.7、6.8

1. 电阻的单位

电阻的国际单位是欧姆，用 Ω 表示。除欧姆外，还有千欧 ($k\Omega$) 和兆欧 ($M\Omega$)，当 $R < 1000\Omega$ 时，用 Ω 表示；当 $1000\Omega \leq R < 1000k\Omega$ 时，用 $k\Omega$ 表示；当 $R \geq 1000k\Omega$ 时，用 $M\Omega$ 表示。

2. 阻值的表示法

(1) 直标法：直接用数字表示电阻的阻值和误差，例如电阻上印有 $80k\Omega \pm 5\%$ ，则阻值为 $80k\Omega$ ，误差为 $\pm 5\%$ 。

(2) 文字符号法：用数字和文字符号或两者有规律的组合来表示电阻的阻值。文字符号 Ω 、 k 、 M 前面的数字表示阻值的整数部分，文字符号后面的数字表示阻值的小数部分，例如 $3k6$ 其阻值表示为 $3.6k\Omega$ 。

(3) 色标法：用不同颜色的色环表示电阻的阻值和误差。常见的色环电阻有四环和五环电阻两种，其中五环电阻属于精密电阻，见表 1-2 和表 1-3。

表 1-2 四环电阻色环颜色与数值对照表

色环颜色	第一色环 第一位数	第二色环 第二位数	第三色环 倍 率	第四色环 误 差
棕	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
红	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
橙	3	3	$\times 10^3$	
黄	4	4	$\times 10^4$	
绿	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	$\times 10^8$	$\pm 0.05\%$
白	9	9	$\times 10^9$	
黑		0	$\times 10^0$	
金			$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$
银			$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$

表 1-3 五环电阻色环颜色与数值对照表

色环颜色	第一色环 第一位数	第二色环 第二位数	第三色环 第三位数	第四色环 倍 率	第五色环 误 差
棕	1	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
红	2	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
橙	3	3	3	$\times 10^3$	
黄	4	4	4	$\times 10^4$	
绿	5	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$

图 1-6 列出了两个色标法实例。

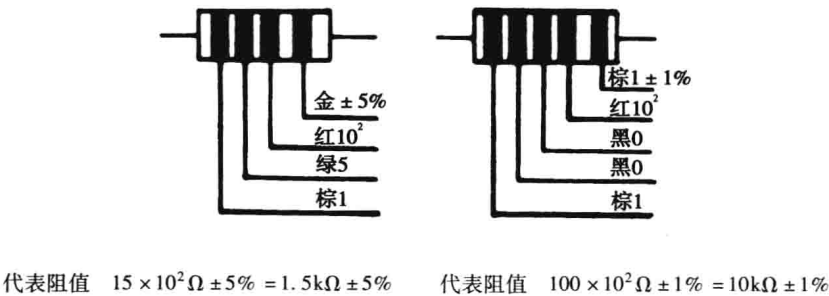


图 1-6 色标法

读取色环电阻的阻值时应注意以下几点：(a) 熟记表 1-2 和表 1-3 中色数对应关系。(b) 找出色环电阻的第一环，其方法有：色环靠近引出端最近的一环为第一环，环电阻多以金色作为误差环，五环电阻多以棕色作为误差环。(c) 当色环电阻标记不清或个人辨色能力差时，只能用万

用表测量。

(4) 数码法：数码法是用三位数码表示电阻的标称阻值。数码从左到右，前两位为有效值，第三位是乘数，即表示在前两位有效值后所加零的个数，单位为 Ω 。例如：252 表示在 25 后面加 2 个 0，即 $2500\Omega = 2.5k\Omega$ 。此种方法在贴片电阻中使用较多。

3. 额定功率

额定功率是指电阻在规定环境条件下，长期连续工作所允许消耗的最大功率。电路中电阻的实际功率必须小于其额定功率，否则，电阻的阻值及其他性能将发生改变，甚至烧毁。常用电阻额定功率系列见表 1-4。

表 1-4 电阻额定功率

名 称	额定功率 (W)
线绕电阻	0.05、0.125、0.25、0.5、1、2、4、8、10、16、25、40、50、75、100、150、250、500
非线绕电阻	0.05、0.125、0.25、0.5、1、2、5、10、16、25、50、100

电阻的额定功率与体积大小有关，电阻的体积越大，额定功率越大。2W 以下的电阻以自身的体积大小表示功率值。电阻体积与功率的关系见表 1-5。

表 1-5 电阻的体积与功率的关系

额定功率 (W)	RT 碳膜电阻		RJ 金属膜电阻	
	长度 (mm)	直径 (mm)	长度 (mm)	直径 (mm)
0.125	11	3.9	0~8	2~2.5
0.25	18.5	5.5	7~8.3	2.5~2.9
0.5	28.0	5.5	10.8	4.2
1	30.5	7.2	13.0	6.6
2	48.5	9.5	18.5	8.6

四、电阻的简易测试

主要的阻值测试方法是万用表测试法。其他阻值测试方法还有：电桥测试法、RLC 智能测试仪测试法和电阻误差分选仪测试法等。

用万用表测量电阻的方法如下：

(1) 将挡位旋钮置于电阻挡，再将倍率挡旋钮置于 $R \times 1$ 挡，然后将两表笔金属棒短接，观察指针是否到零位。如果调节欧姆挡调零旋钮后，指针仍然不能到零位，则说明电池不足，应更换电池。

(2) 按照万用表使用方法，表笔指向标度尺的中心部分，读数才准确，因此，应根据电阻的阻值来选择倍率挡。

(3) 右手拿万用表棒，左手拿电阻体的中间，不要用手同时捏表棒和电阻的两根引脚，因为这样测量的是原电阻与人体电阻关联的阻值，尤其是测量大电阻时，全使测量误差增大。在电路中测量电阻时要切断电源，要考虑电路中的其他元件对电阻值的影响。如果电路中接有电容器，还必须将电容器放电，以免烧毁万用表。

第二节 电容器

电容器是由两个金属电极中间夹一层绝缘材料（介质）构成的，它是一种储存电能的元件，在电路中具有交流耦合、旁路、滤波和信号调谐等作用。在各种电子设备与汽车电脑中，电阻器用

得最多，其次就是电容器。

一、电容器的种类

电容器按结构可分为固定电容器、可变电容器和微调电容器；按介质可分空气介质电容器、固体介质（云母、陶瓷、涤纶等）电容器和电解电容器；按有无极性可分为有极性电容器和无极性电容器。常见电容器的外形和电路符号见图 1-7。

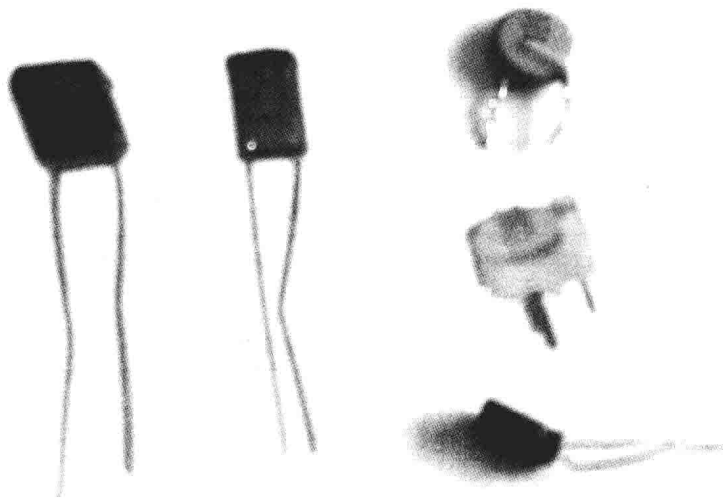


图 1-7 常见电容器的外形和电路符号

二、常用的电容器

(1) 低频独石瓷介电容器。低频独石瓷介电容器用于旁路和低频隔直电路，特别适用于半导体电子电路，具有体积小、电容量大、特性稳定、电感小和高频性能好等优点。

(2) 圆片形瓷介电容器。瓷介电容器的主要特点是介质损耗较低，电容量对温度、频率、电压和时间的稳定性比较高，常用在高频电路和对电容器要求比较高的场所。

(3) 圆片形低频瓷介电容器。该电容器供电子设备中对损耗和容量稳定性要求不高的电路使用或作旁路、耦合用。

(4) 云母电容器。云母电容器用于直流、交流和脉冲电路。云母电容器具有优良的电气性能，绝缘强度高，损耗小，而且温度、频率特性稳定，但抗潮湿性能差。

(5) 涤纶电容器。涤纶电容器是塑料薄膜电容器（聚苯乙烯、聚丙烯、涤纶、聚碳酸酯电容器等）中的一种，也是塑料薄膜电容器中产量较大、应用较广泛的一种，其电容量和耐压范围最宽。涤纶电容器的电参数随温度变化较大，在温度超过 100°C 以后其容量随温度的升高而急剧增加，因此它不宜作功率交流电容器。为使电容量稳定，在 $80 \sim 100^{\circ}\text{C}$ 下使用为好。

(6) 金属化纸介电容器。金属化纸介电容器的体积仅相当于纸介电容器的 $1/4$ ，其主要特点是具有自愈作用，当介质发生局部击穿后，经自愈作用，其电气性能可恢复到击穿前的状态，但绝缘性能较差。该电容器广泛应用于自动化仪表和家用电器中，但不适用于高频电路，它的工作频率一般不宜超过几十千赫。

(7) 铝电解电容器。铝电解电容器用于直流或脉冲电路。该电容器是有极性的，除正、负引出头外，外壳为负极。

(8) 钽电解电容器。钽电解电容器主要用于铝电解电容器性能参数难以满足要求的电路中，

例如，用于要求电容器体积小、上下限度范围宽、频率特性和阴抗特性要求高、产品稳定性和可靠性要求较高的电路。电视机、录像机、摄像机、高保真音响设备等也选用部分钽电解电容器，以提高整机质量。钽电解电容器的价格较高。

三、电容器的主要参数和标识

1. 电容器容量的单位

电容器容量是指其加上电压后储存电荷能力的大小。它的国际单位是法拉（F），由于法拉这个单位太大，因而常用的单位有微法（ μF ）、纳法（nF）和皮法（pF），换算关系如下：

$$1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F} \quad 1\text{nF} = 10^{-9}\text{F} \quad 1\text{pF} = 10^{-12}\text{F}$$

2. 额定工作电压

额定工作电压又叫耐压，是指在允许的环境温度范围内，电容上可连续长期施加的最大电压有效值。它一般直接标注在电容器的表面，使用时绝不允许电路的工作电压超过电容器的耐压，否则电容器就会击穿。

3. 电容器容量的识别方法

电容器的标识方法有直标法、数码法和色标法 3 种，下面分别加以介绍。

（1）直标法：将电容器的容量、耐压和误差直接标注在电容器的外壳上，其中误差一般用字母来表示。表示误差的常用字母有 J（ $\pm 5\%$ ）和 K（ $\pm 10\%$ ）等。例如 58nK100 表示容量为 58nF 或 $0.058\mu\text{F}$ ，误差为 $\pm 10\%$ ，耐压为 100V。

当电容器所标容量没有单位时，在读其容量时可参照以下方法：

①容量在 $1 \sim 10^4$ 之间时，单位为 pF，例如：580 读作 580pF。

②容量大于 10^4 时，单位为 μF ，例如：33000 读作 $0.033\mu\text{F}$ 。

（2）数码法：用 3 位数字表示容量的大小，单位为 pF。前两位为有效数字，第三位表示倍率，即乘以 10^I ，I 的范围是 $1 \sim 9$ ，其中 9 表示 10^{-1} 。例如：204 表示 $20 \times 10^4\text{pF}$ ，556 表示 $55 \times 10^6\text{pF}$ 。

（3）色标法：这种表示方法与电阻的色环表示方法类似，其颜色所代表的数字与电阻色环完全一致，单位为 pF。

除了以上表示方法外，电容的容量还有其他表示方法，例如：01 表示 $0.01\mu\text{F}$ ；220MFD 表示 $220\mu\text{F}$ ；R22 表示 $0.22\mu\text{F}$ （用 R 表示小数点）。

四、电容器代用

在选购电容器的时候可能买不到所需要的型号或所需容量的电容器，或在维修时现有的与所需的不符时，可考虑代用。代用的原则是：电容器的容量基本相同；电容器的耐压值不低于原电容器的耐压值；对于旁路电容、耦合电容，可选用比原电容容量大的代用；在高频电路中，代换时要注意的是：频率特性应满足电路的要求。

五、电容器的简易测试

电容器在使用前应对其漏电情况进行检测。容量在 $1 \sim 100\mu\text{F}$ 内的电容用 $R \times 1\text{k}$ 挡检测；容量大于 $100\mu\text{F}$ 的电容用 $R \times 10$ 挡检测。具体方法如下：将万用表两表笔分别接在电容的两端，指针应先向右摆动，然后回到 ∞ 位置附近。将表笔对调重复上述过程，若指针距 ∞ 处很近或指在 ∞ 位置上，则说明漏电阻大，电容性能好；若指针距 ∞ 处较远，则说明漏电阻小，电容性能差；若指针在 0 处始终不动，则说明电容内部短路。对于 5000pF 以下小容量电容器，由于容量小，充电时间快，充电电流小，用万用表的高阻值挡也看不出指针摆动，可借助电容表直接测量其容量。

六、电容器使用注意事项

- (1) 电容器外形应该完整，引线不应松动。
- (2) 使用电容器时应测量其绝缘电阻，其值应该符合使用要求。
- (3) 电容器耐压应符合要求，如果耐压不够，可采用串联的方法。
- (4) 电解电容器极性不能接反。
- (5) 某些电容器的外壳有黑点或黑圈，在接入电路时应将该端接低电位或低阻抗的一端（接地）。作电源去耦以及旁路用时，通常应使用两只电容器并联工作，一只先用较大容量的电解电容器，作为低频通路；另选一只小容量的云母或瓷介电容器作为高频通路。
- (6) 应选用频率特性和耐温性能较好的电容器作脉冲电路的电容器，一般为涤纶电容器、云母电容器和聚苯乙烯电容器。
- (7) 温度对电解电容器的漏电流、容量和寿命都有影响，一般的电解电容器只能在 50°C 以下环境使用，故很多发动机电脑的电容器经常损坏。
- (8) 可变电容器使用日久，动片间会有灰尘，应定期清洁处理。
- (9) 可变电容器的动片应良好接地。

第三节 半导体二极管

半导体二极管也称晶体二极管，简称二极管。二极管具有单向导电性，可用于整流、检波、稳压和混频电路中。

一、二极管的分类

(1) 按材料分类。二极管按材料可分为锗管和硅管两大类。两者性能区别是：锗管正向压降比硅管小（锗管为 0.2V ，硅管为 $0.5 \sim 0.7\text{V}$ ）；锗管的反向漏电流比硅管大（锗管约为几百微安，硅管小于 $1\mu\text{A}$ ）；锗管的 PN 结可以承受的温度比硅管低（锗管约为 100°C ，硅管约为 200°C ）。

(2) 按用途分类。二极管按用途不同可分为普通二极管和特殊二极管。普通二极管包括检波二极管、整流二极管、开关二极管和稳压二极管。特殊二极管包括变容二极管、光电二极管和发光二极管。

常用二极管外形见图 1-8，符号见图 1-9。

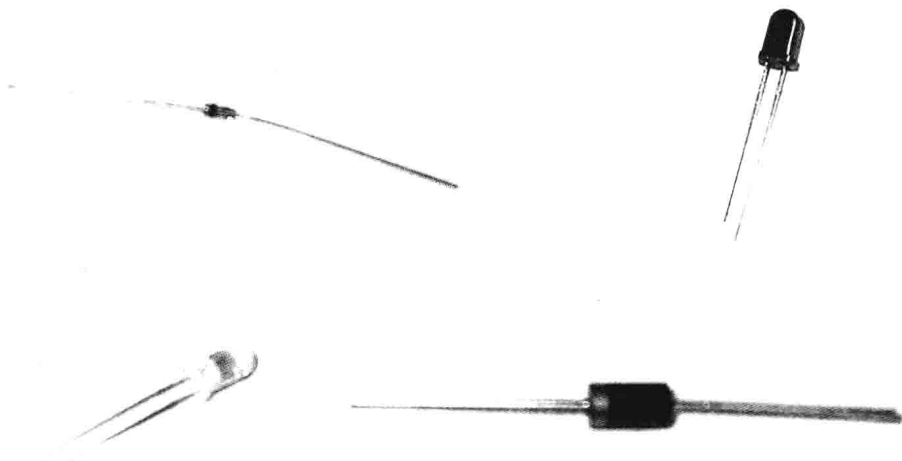


图 1-8 常用二极管外形



(a)普通二极管符号 (b)稳压二极管符号 (c)发光二极管符号 (d)光敏二极管符号 (e)变容二极管符号

图 1-9 二极管符号

二、常用二极管

常用二极管的特性和用途见表 1-6。

表 1-6 常用二极管的特性和用途

名 称	原 理 特 性	用 途
整流二极管	多用硅半导体制成，利用 PN 结单向导电性	将交流变成脉动直流，即整流
检波二极管	常用点接触式，高频特性好	将调制在高频电磁波上的低频信号检出来
稳压二极管	利用二极管反向击穿时两端电压不变原理	稳压限幅，过载保护，广泛用于稳压电源装置中
开关二极管	利用正向偏压时二极管电阻很小，反向偏压时电阻很大的单向导电性	在电路中对电流进行控制，起到接通或关断的开关作用
变容二极管	利用 PN 结电容随加到管子上的反向电压大小而变化的特性	在调谐等电路中取代可变电容
发光二极管	正向电压为 1.5 ~ 3V 时，只要正向电流通过，就可以发光	用于指示，可组成数字或符号的 LED 数码管
光电二极管	将光信息转换成电信号，有光照时其反向电流随光照强度的增加而成正比上升	用于光的测量或作为光电池进行能源转换

三、二极管主要参数和型号命名

1. 二极管主要参数

二极管的参数较多，且不同类型二极管的主要参数和种类也不一样，下面以普通二极管为例，介绍几个主要参数。

(1) 最大整流电流 I_F 。在正常工作的情况下，二极管允许通过的最大正向平均电流叫最大整流电流 I_F 。使用时二极管的平均电流不能超过这个数值。

(2) 最高反向电压 U_{RM} 。反向加在二极管两端，而不致引起 PN 结击穿的最大电压叫最高反向电压 U_{RM} 。工作电压仅为击穿电压的 $1/3 \sim 1/2$ ，工作电压的峰值不能超过 U_{RM} 。

(3) 最大反向电流 I_{RM} 。因载流子的漂移作用，二极管截止时仍有反向电流流过 PN 结，该电流受温度和反向电压的影响。 I_{RM} 越小，二极管质量越好。

(4) 最高工作频率。最高工作频率指保证二极管单向导电作用的最高工作频率，若信号频率超过此值，则管子和单向导电性将变坏。

2. 二极管与三极管的型号命名

根据国际 GB 249—1974 规定，半导体二极管的型号由 5 部分组成，详见表 1-7。

第一部分：用数字 2 表示二极管，用数字 3 表示三极管。

第二部分：材料和极性，用字母表示。

第三部分：类型，用字母表示。

第四部分：序号，用数字表示。

第五部分：规格，用字母表示。

例如：2CN1 表示硅材料型阻尼二极管。3AX31A 表示 PNP 型锗材料低频小功率三极管，序号为 31，管子规格为 A 挡。

表 1-7 半导体二极管和三极管的型号命名方法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分	第五部分
用数字表示器件的电极数		用字母表示器件的材料和极性		用字母表示器件的类别		用数字表示器件的序号	用字母表示规格号
符号	含义	符号	含义	符号	含义	含义	含义
2	二极管	A	N 型锗材料	P	普通管	反映了极限参数、直流参数和交流参数等的差别	反映了承受反向击穿电压的程度，如规格号 A、B、C、D …，其中 A 承受的反向击穿电压为最低，B 次之……
				V	微波管		
		B	P 型锗材料	W	稳压管		
				C	参量管		
		C	N 型硅材料	Z	整流管		
				L	整流堆		
		D	P 型硅材料	S	隧道管		
				N	阻尼管		
3	三极管	A	PNP 型锗材料	U	光电器件		
				K	开关管		
		B	NPN 型锗材料	X	低频小功率管 ($f_a < 3\text{MHz}$, $P_c > 1\text{W}$)		
		C	PNP 型硅材料	G	高频小功率管 ($f_a \geq 3\text{MHz}$, $P_c > 1\text{W}$)		
		D	NPN 型硅材料	D	低频大功率管 ($f_a < 3\text{MHz}$, $P_c \geq 1\text{W}$)		
		E	化合物材料	A	高频大功率管 ($f_a \geq 3\text{MHz}$, $P_c \geq 1\text{W}$)		

四、二极管的简易测试

1. 极性识别方法

常用二极管的外壳上均印有型号和标记。标记箭头所指的方向为阴极。有的二极管只有一个色点，有色的一端为阴极，有的带定位标志。判别时，观察者面对管底，由定位标志起，按顺时针方向，引出线依次为正极和负极，见图 1-10。

2. 检测方法

(1) 单向导电性的检测。用万用表欧姆挡测量二极管的正反向电阻，有以下几种情况：(a) 测得的反向电阻（约几

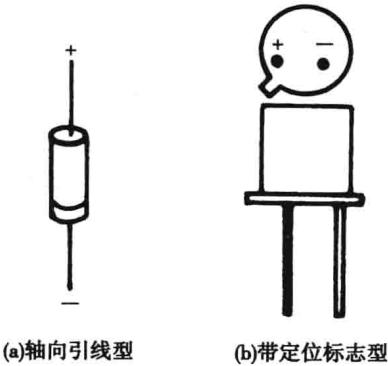


图 1-10 二极管极性识别示意图

百千欧以上)与正向电阻(约几千欧以下)的比值在 100 以上,表明二极管性能良好。(b)反、正向电阻之比为几十,甚至几百,表明二极管单向导电性不佳,不宜使用。(c)正、反向电阻为无限大,表明二极管短路。(d)正、反向电阻为 0Ω ,表明二极管短路。

测试时需注意,检测小功率二极管时应将万用表置于 $R \times 100$ 挡或 $R \times 1k$ 挡,检测中、大功率二极管时可将量程置于 $R \times 1$ 挡或 $R \times 10$ 挡。

(2) 二极管极性判断。当二极管外壳标志不清楚时,可以用万用表来判断极性。将万用表的两只表笔分别接触二极管的两个电极,若测出的电阻约为几十欧、几百欧或几千欧,则黑表笔接触的电极是二极管的正极,红表笔接触的电极是二极管的负极,如图 1-11 (a) 所示。若测出来的电阻约为几十千欧至几百千欧,则黑表笔接触的电极是二极管的负极,红表笔接触的电极是二极管的正极,见图 1-11 (b)。

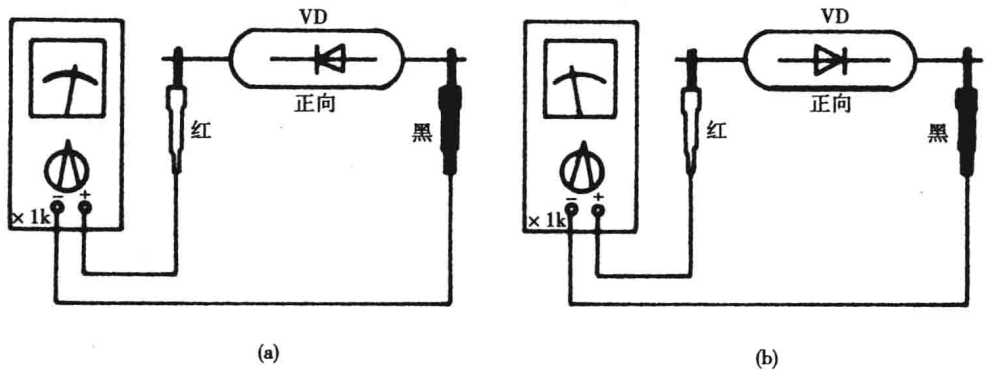


图 1-11 二极管极性判断

第四节 半导体三极管

半导体三极管又称晶体三极管,通常简称晶体管或者叫双极型晶体管。它是一种电流控制电流的半导体器件,可用来对微弱信号进行放大和作无触点开关。它具有结构牢固、寿命长、体积小、耗电省等优点,故在各个领域广泛应用。

一、三极管的分类

- (1) 按材料分类。三极管按材料分为硅三极管和锗三极管。
- (2) 按导电类型分类。三极管按导电类型分为 PNP 型和 NPN 型。锗三极管多为 PNP 型,硅三极管多为 NPN 型。
- (3) 按用途分类。三极管按工作频率分为高频三极管 ($f_T \geq 3\text{MHz}$)、低频三极管 ($f_T < 3\text{MHz}$) 和开关三极管,按工作功率又分为大功率三极管 ($P_C > 1\text{W}$),中功率三极管 ($P_C = 0.5 \sim 1\text{W}$) 和小功率三极管 ($P_C < 0.5\text{W}$)。

常用三极管外形见图 1-12,符号见图 1-13。



图 1-12 常用三极管外形