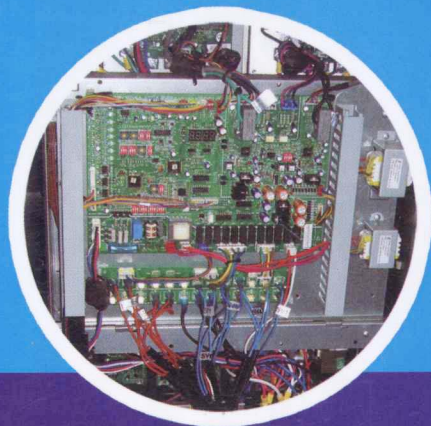




中央空调器模块机 控制电路维修图解 全攻略

肖凤明 等 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

中央空调器模块机 控制电路维修图解 全攻略

肖凤明 等 编著

TB657.2
44.



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书采用丰富的图例,深入浅出地介绍了中央空调器模块机控制电路的原理分析、元器件检测方法和维修技巧,包括上海开利、特灵、大连三洋、约克、美的、海信、海尔、麦克维尔、大金、海信日立等多个厂家不同型号的中央空调器模块机控制电路,并附有故障代码、故障点及大量维修实例。全书将基础知识、维修技能与经验等内容进行了精炼和整合,易学、易用、易掌握。

本书适合制冷设备维修工,家用电器维修工,空调运行工,空调维修工,制冷空调专业中、高级工阅读参考,还适合作为职业院校相关专业的参考教材及职业技能鉴定的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

中央空调器模块机控制电路维修图解全攻略/肖凤明等编著. —北京:中国电力出版社,2013.3

ISBN 978-7-5123-4149-4

I. ①中… II. ①肖… III. ①集中空气调节系统-控制电路-维修-图解 IV. ①TB657.2-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第043405号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2013年7月第一版 2013年7月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 20.75印张 505千字 5插页

印数0001—3000册 定价 53.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前言

21 世纪伊始,各种新型中央空调器不断出现,品种之多、型号之全是前所未有的,其功能日益改善,技术日益精湛,单片机控制电路复杂,特别是中央空调器模块机的维修技术,是维修人员迫切需要掌握的。

编者从事中央空调器维修 30 余年,深知在维修一线的广大制冷维修人员非常需要一本市场流行品牌的中央空调器模块机控制电路分析与维修的实用技术图书,所以特编本书,希望能为读者在单片机控制电路原理分析、元器件检测方法、提高维修技能等方面提供帮助。

本书汇集多种品牌新型中央空调器模块机控制电路、电源电路、变压电路、保护电路、滤波稳压电路、复位电路及温度控制电路等,解析各单元电路的原理和维修对策,并给出各类具有代表性机型的维修技术参数,是空调器维修人员不可多得的技能学习用书。书中元器件符号和画法均沿用原图,不做改动,可使维修者一目了然。在单元电路的解析中,结合中央空调器模块机的故障代码,帮助维修人员迅速查找并排除故障。可以说,本书是一本新型中央空调器模块机控制电路分析的技术工具书,是从事制冷维修人员的必备用书。

在本书编写过程中,得到了上海开利、特灵、大连三洋、约克、麦克维尔、美的、海信、海尔、大金、海信日立等空调器生产企业以及中央国家机关职业技能鉴定指导中心、中国医学科学院协和医科大学、侨办宾馆、北京制冷学会、北京市建工学院、北京人事局职称考试中心、东城区职工大学、北科学校、文天学校的大力支持和帮助,在此表示诚挚的感谢。

本书由肖凤明高级工程师负责全书的统编工作,参加编写和提供帮助的还有于丹,毕月虹,解国珍,石文星,申炎华,万雷,曹也丁,陈希,辛晓雁,许庆茹,孙大琪,付维严,刘燕伶,齐建英,王清兰,朱长庚,于广智,张永福,沈炜,杨工,胥雷,白兴平,苑鸣,陈会远,海星,于志刚,张顺兴,林芳芳,王自力,汤莉,马玉梅,张文辉,肖武,肖剑,马玉华,韩淑琴,付秀英等。

由于编者水平有限,书中难免有不足之处,欢迎广大读者指正。

编者



目 录

前言

第一章 中央空调器模块机常用电子元件	1
第一节 主板电子元件结构、符号、特性、用途、检测方法	1
第二节 空调器强电控制部件结构、符号、特性、用途、检测方法	13
第二章 中央空调器模块机电源电路和 CPU 电路	19
第一节 电源电路	19
第二节 CPU 电路	24
第三节 中央空调器模块机电脑板不良现象分析及维修时故障判定方法	28
第三章 中央空调器模块机中常用的制冷剂与润滑油	32
第一节 中央空调器模块机中常用的制冷剂及性质	32
第二节 润滑油的使用要求及选用原则	35
第四章 开利 19XR 模块机控制电路分析	36
第一节 开利 19XR 机组模块机整体结构及润滑系统	36
第二节 开利 19XR 机组模块机部件结构及作用	40
第三节 开利 19XR 机组冷水和冷却水系统结构及作用	44
第四节 开利 19XR 机组模块机控制电路	46
第五节 上海开利模块机风冷涡旋冷水机组多联机故障点维修	52
第五章 海信日立模块机、日立中央空调器模块机控制电路分析	70
第一节 海信日立模块机、日立中央空调器模块机型号	70
第二节 海信日立模块机、日立中央空调器模块机控制电路分析	70
第三节 海信日立模块机、日立中央空调器模块机室内外机电子膨胀阀控制方法	71
第四节 海信日立模块机、日立中央空调器模块机控制电路模拟机自检方法	72
第五节 海信日立模块机、日立中央空调器模块机控制电路 7 段数码显示器检修方法	97
第六节 海信日立模块机、日立中央空调器模块机制冷剂泄漏的注意事项	100
第七节 海信日立模块机 SET-FREE 变频中央空调器模块机故障点维修	100

第六章 美的 [H] 系列家庭式中央空调器模块机控制电路分析	114
第一节 美的自由变频家庭中央空调器模块机控制电路分析	114
第二节 美的 MDV [H]-J120 (140) W-511 自由变频一拖多室外机控制电路 分析	117
第三节 美的 MDV [H]-J160 (180) W-720 自由变频一拖多室外机控制电路 分析	120
第四节 美的三位一体化户式水系统变频家庭中央空调器模块机控制电路分析	122
第五节 美的 MDV [D] 系列第一代数码涡旋中央空调器模块机控制电路分析	130
第六节 美的 MDV [D] 系列第二代数码涡旋中央空调器模块机控制电路分析	132
第七节 美的 MDV [D] 系列第三代数码涡旋中央空调器模块机控制电路分析	135
第七章 大金中央空调器模块机控制电路分析	140
第一节 大金模块机 VRV 系统变频控制 K 系列维修	140
第二节 大金模块机 VRV 系统变频控制 PLUS 系列维修	179
第三节 大金模块机 VRV 系统变频控制 PLUS 系列维修实例	204
第八章 约克中央空调器模块机控制电路分析	209
第一节 约克离心式模块机冷水式控制电路分析	209
第二节 约克 YGCC/D 系列卧式中央空调器故障代码含义	216
第三节 约克 YBW 系列空调器故障代码含义与制冷系统常见现象及原因	219
第四节 约克涡旋压缩机的故障分析及维修技巧	220
第九章 开利螺杆式 30HXC 模块机控制电路分析	224
第一节 开利螺杆式 30HXC 模块机 Pro-Dialog Plus 控制系统	224
第二节 开利螺杆式 30HXC 模块机部件作用及维修安全	230
第三节 开利螺杆式 30HXC 模块机维修	237
第十章 大连三洋溴化锂吸收式模块机控制电路分析	242
第一节 大连三洋溴化锂吸收式模块机的外观及名称	242
第二节 大连三洋溴化锂吸收式制冷机控制盘及控制部件作用	243
第三节 大连三洋溴化锂吸收式模块机运转操作方法	246
第四节 大连三洋溴化锂吸收式模块机电控系统概况	249
第五节 大连三洋溴化锂吸收式模块机电控系统组成	250
第六节 大连三洋溴化锂吸收式模块机控制方法	255
第七节 大连三洋溴化锂吸收式模块机的启动、停止及异常原因	259
第八节 大连三洋溴化锂吸收式模块机结晶的发生与防止	266
第九节 大连三洋溴化锂吸收式模块机制冷不良的原因分析	266
第十节 大连三洋溴化锂吸收式模块机管理方法	267

第十一节 大连三洋溴化锂吸收式模块机保养检查及部件更换的标准·····	270
第十一章 中央空调器管道系统设计及存在的问题·····	275
第一节 中央空调管路系统设计原则·····	275
第二节 暖通空调中存在的问题及解决办法、图纸要求·····	284
第三节 施工中电焊工作业对人健康的损害·····	293
第十二章 从校园到社会·····	297
第一节 空调器服务礼仪及服务道德规范·····	297
第二节 空调器十要、十不准及工作准则·····	306
附录 A 中央空调器模块机选购安装 5 步骤·····	308
附录 B 麦克维尔风冷模块故障代码·····	311
附录 C 中央空调器冷却塔基本参数·····	318
附录 D 制冷设备维修工、制冷工技师论文参考·····	320



第一章

中央空调器模块机常用电子元件

中央空调器模块机控制电路较为复杂,既有强电也有弱电,维修人员只有在掌握了电工基础、电子电路、数字电路、模拟电路等知识之后,才能有效快捷地检测控制电路的各种元件故障。

第一节 主板电子元件结构、符号、特性、用途、检测方法

一、电阻器

何谓电阻?通俗地讲,电阻在电路中所起的作用如同水流中遇到的阻力一样。电阻器的根本作用是为电路提供一个电阻。电阻是一个物理量。电阻器就是为电路提供一个电阻的元件,电阻器通过消耗电量,分配电路中的电流,达到特定的目的。

1. 电阻器在电路中的作用

电阻器在电子电路中的作用相当广泛,它在电路中可以构成许多功能电路。电阻器在电路中不仅可以单独使用,更多的是与其他元件一起构成具有各种各样功能的电路。

对导体而言,电阻的存在使电流流动中遇到了阻力,具体表现是电阻消耗了电能,显然从这个意义上讲电阻所起的作用是消极的。

2. 固定电阻

(1) 结构。电阻由电阻体、基体(骨架)、引线等构成,按电阻体材料可分为碳膜电阻、金属膜电阻、线绕电阻、氧化膜电阻等。

(2) 电路中电阻的图形符号如图 1-1 所示。

(3) 用途。在电路中,电阻常用于降低电压、限制电流、组成分压器和分流器等。

(4) 检测方法。

1) 测量前把万用表转换开关调到电阻挡,挡位选择时应尽量使指针在刻度线中间范围,此时测出的电阻值较准确。

2) 测量中,每换一个挡位,都应该重新调零。

3) 测量时,应断开其他关联连线,双手不要同时触及被测电阻的两个引出线,以免造成测量误差。

3. 热敏电阻

(1) 结构。热敏电阻体采用单晶或多晶的半导体材料制成,是一种半导体电阻器。

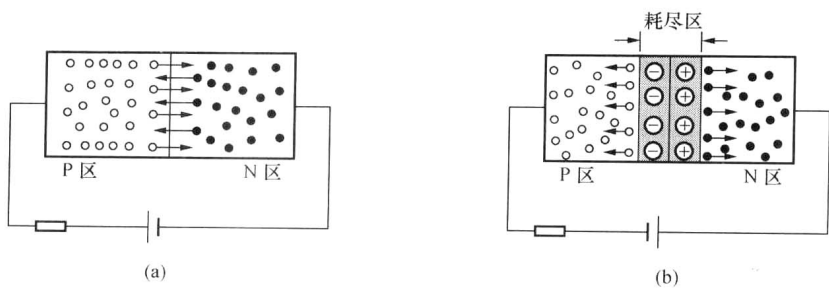


图 1-2 PN 结导电的特性
(a) 加正向电压；(b) 加反向电压

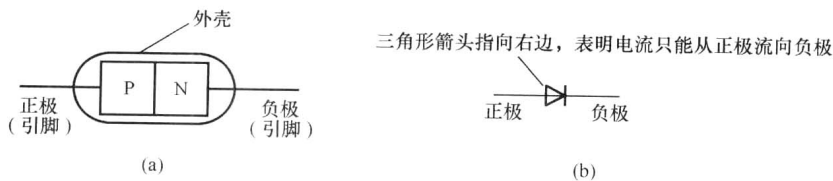


图 1-3 二极管结构及在电路图中的图形符号
(a) 二极管结构；(b) 二极管符号

(4) 二极管伏-安特性。

1) 正向特性曲线。正向电压很低时，流过二极管电流非常小，通常称这个区域为死区。硅二极管的死区电压约为 0.5V，锗二极管的死区电压值约为 0.2V。在实际应用中，当二极管外加正向电压小于死区电压时，认为二极管正向电流为零，不导通。当二极管外加正向电压大于死区电压值后，正向电流明显增加，二极管处导通状态，而且此时管子两端电压降变化不大，硅管为 0.6~0.7V，锗管为 0.2~0.3V。

二极管伏-安特性曲线如图 1-4 所示。

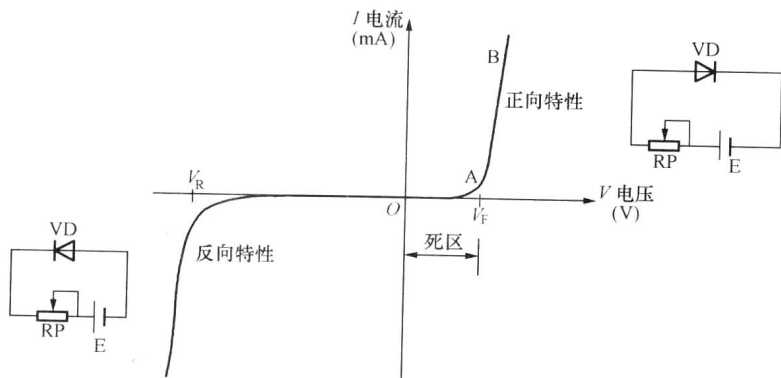


图 1-4 二极管伏-安特性曲线

2) 反向特性曲线。当二极管外加反向电压时，只有微弱的反向饱和电流（很小），纳安（级）流过二极管，二极管处截止状态。二极管外加反向电压增大到一定数值后，反向电流突然增大，这种现象称为二极管反向击穿。这种情况若不加以限制，容易造成二

极管损坏。

(5) 用途。由于二极管具有单向导电的特性，电路中常用它进行整流或检波等。

(6) 检测。

1) 用万用表判别二极管极性，方法是将万用表置 $R \times 100$ 或 $R \times 1k\Omega$ 挡，表笔分别接二极管两极，测出其正反向电阻。其中测出电阻小的一次，黑表笔所接为二极管正极，红表笔所接为二极管负极。

2) 用万用表判别二极管的好坏，方法是上述若两次测出的阻值都小，说明二极管单向导电性能不好；若两次测出的阻值都为 0，说明二极管内部短路；若两次测出的阻值都为 ∞ ，说明二极管内部断路。

2. 稳压二极管

(1) 稳压原理。从对二极管的伏-安特性分析可知，二极管外加的反向电压增大到一定值时，反向电流会突然增大，二极管将反向击穿。但只要这时的反向电流不超过二极管的允许值，也就是仅发生电击穿而不产生热击穿，管子是不会损坏的。同时，反向电流大范围变化时，管子两端的电压变化却很小。二极管反向击穿时的这种伏-安特性就是稳压二极管的工作原理。

(2) 结构和符号。稳压二极管结构与普通二极管基本相同。由于硅管的热稳定性比锗管好，所以稳压管都采用硅管。由于稳压管是利用二极管反向击穿区域工作的，所以负极应接在电路中的高电位端。稳压管在电路中的图形符号如图 1-5 所示。

3. 发光二极管

(1) 结构。发光二极管是由半导体材料磷化镓等制成的一种晶体二极管。

(2) 基本特性。在外加正向电压达到发光二极管的导通电压（一般为 $1.7 \sim 2.5V$ ）时，发光二极管有电流流过并随之发光。按发出光的类型分：发激光二极管、发红外光二极管、发可见光（红、绿、黄）二极管、发双色光二极管，发光二极管工作电流值为 $5 \sim 10mA$ （不能超过 $25mA$ ），所以在发光二极管的电路中一定要串联限流电阻。

(3) 发光二极管电路图形符号如图 1-6 所示。



图 1-5 稳压二极管的图形符号



图 1-6 发光二极管电路图形符号

(4) 检测。将万用表转换开关置于 $R \times 10k\Omega$ 挡，两表笔分别接发光二极管两极，测其正反向电阻。一般正向电阻小于 $50k\Omega$ 、反向电阻大于 $210k\Omega$ 为正常。

4. 整流二极管

整流二极管常用于电源电路中，它利用二极管的单向导电性来完成整流作用。整流二极管的封装方式有金属壳封装、塑料壳封装及玻璃壳封装等。

整流二极管的正向电流往往较大，变频空调器整流电路多采用面接触型结构，PN 结面积大，结电容也大。

整流二极管广泛用于变频空调器及仪器设备的电源电路中，负责对交流电进行整流，获得脉动直流电压。有时，还将 4 个整流二极管封装于一体，形成桥堆。

5. 整流电路

整流电路的结构比较简单，它是利用二极管的单向导电性来实现整流目的。整流电路的种类较多，常用的有半波整流电路、全波整流电路、桥式整流电路等。

三、三极管

1. 三极管构成

三极管由两个 PN 结构成。

2. 三极管特性

三极管的基本特性是电流放大性。

3. 三极管的分类

三极管的分类方法很多，不同的分类方法可以分出不同的类型。

(1) 按所用的半导体材料来分，三极管可分为硅管和锗管。

(2) 按 PN 结的结构来分，三极管可分为 NPN 管和 PNP 管两大类。

4. 外形特征

三极管是所有元器件中最重要的器件，其基本特性是电流放大作用，外形特征如图 1-7 所示。

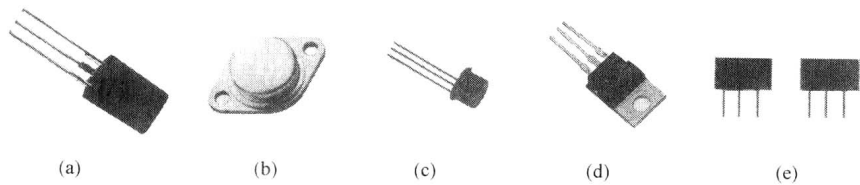


图 1-7 三极管其外形特征

(a) 普通塑封三极管；(b) 大功率三极管；(c) 金属封装三极管；(d) 功率三极管；(e) 贴片三极管

5. 三极管内部结构（图 1-8）

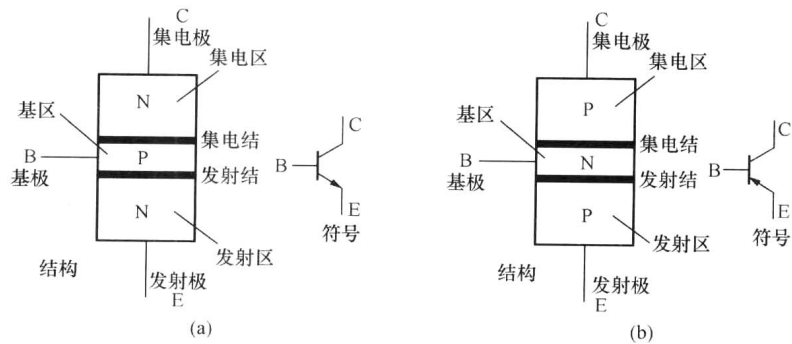


图 1-8 三极管内部结构

(a) NPN 型三极管；(b) PNP 型三极管

6. 三极管的检测

三极管有 NPN 型和 PNP 型两种，用万用表 $R \times 100\Omega$ 挡或 $R \times 1k\Omega$ 挡，可测量其好坏。

如果能够在某个三极管上找到一个引脚，将黑表笔接此引脚，将红表笔依次接另外两引脚，万用表指针均偏转，而反过来，却不偏转，说明此管是 NPN 管，且黑表笔所接的那引脚为基极。

如果能够在某个三极管上找到一个引脚，将红表笔接此引脚，将黑表笔依次接另外两引脚，万用表指针均偏转，而反过来，却不偏转，说明此管是 PNP 管，且红表笔所接的那引脚为基极。

7. 三极管好坏的判断

三极管好坏的判断可在 $R \times 100\Omega$ 或 $R \times 1k\Omega$ 挡上进行，如果按照上述方法无法判断出一个三极管的管型及基极，说明此管损坏。

对于 NPN 管来说，将黑表笔接基极，红表笔依次接其他两极，指针均应大幅度偏转，若不偏转，或偏转角度很小，说明三极管已坏。反过来，将红表笔接基极，黑表笔依次接其他两极，指针均应不偏转，若指针偏转，说明三极管已坏。集电极和发射极之间，无论怎样测量，指针均应不偏转，若指针偏转，说明三极管已坏。

对于 PNP 管来说，将红表笔接基极，黑表笔依次接其他两极，指针均应大幅度偏转，若不偏转，或偏转角度很小，说明三极管已坏。反过来，将黑表笔接基极，红表笔接其他两极，指针均应不偏转，若指针偏转，说明三极管已坏。集电极和发射极之间，无论怎样测量，指针均应不偏转，若指针偏转，说明三极管已坏。

8. 带阻行管的检测

带阻行管的基极与发射极之间接有一个几十欧姆的电阻，集电极与发射极之间接有一个阻尼二极管，带阻行管好坏的判断方法与普通三极管有所不同。

将万用表置 $R \times 1\Omega$ 挡（或 $R \times 10\Omega$ 挡），将黑表笔接基极，红表笔接发射极，此时，指针偏转，并测得一个阻值；交换两表笔位置，再次测量，指针也偏转，又测得一个阻值。若第一次阻值小于后一次阻值，说明带阻行管正常；若两次阻值均一样，说明此管损坏。再将万用表调至 $R \times 100\Omega$ 挡，黑表笔接基极，红表笔接集电极，此时，指针应偏转。交换两表笔位置后，指针就不偏转，若仍偏转，说明带阻行管损坏。若将黑表笔接集电极，将红表笔接发射极，此时，指针应不偏转，若偏转，说明管子损坏；交换两表笔位置，此时，指针应偏转，若不偏转，说明管子损坏。

一般来说，带阻行管损坏多以击穿为主，用万用表测量时，集电极与发射极或集电极与基极之间的电阻接近 0Ω ，且指针偏转速度较快。

9. 三极管的代换

三极管是决定电路性能好坏的重要元件，三极管损坏后，应选用同型号管子进行替换。在无同型号管子的前提下，也可选用参数相近的三极管进行替换。

四、晶闸管

晶闸管俗称可控硅，有单向晶闸管和双向晶闸管之分。

1. 单向晶闸管

单向晶闸管有阳极 A、阴极 K 和门极 G 共 3 个电极，A 接高电位，K 接低电位。当 G 悬空或接地时，截止无电流流过，A、K 间相当于开路。G 极只要加一个微弱的正脉冲触发一下，晶闸管导通，A、K 间相当于一个很小的电阻，使很强的电流由 A 流向 K。检测方法为：把万用表转换开关调到 $R \times 1$ 挡，黑表笔接 A，红笔接 K，阻值为无穷大，此时表笔不动，使 G 极与 A 极碰一下，AK 间阻值变得很小并维持导通状态，说明该晶闸管完好。

单向晶闸管内部结构、等效图、符号如图 1-9 所示。

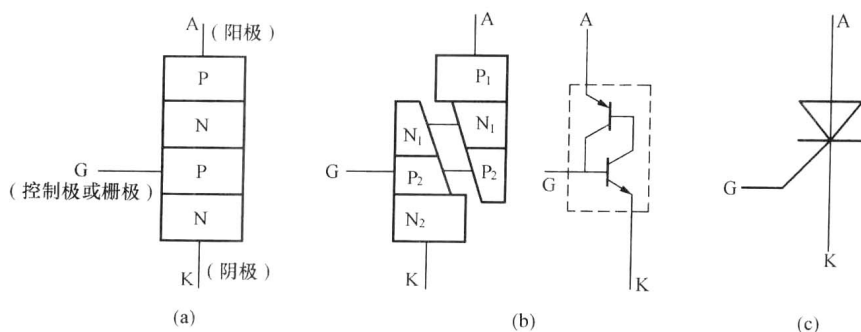


图 1-9 单向晶闸管内部结构、等效图、符号

(a) 内部结构；(b) 等效图；(c) 符号

2. 双向晶闸管

(1) 结构。双向晶闸管是由 N—P—N—P—N 五层半导体构成的三端结构元件，引出的三个电极分别称为主电极 A1、A2 和门极 G。双向晶闸管内部结构、符号如图 1-10 所示。

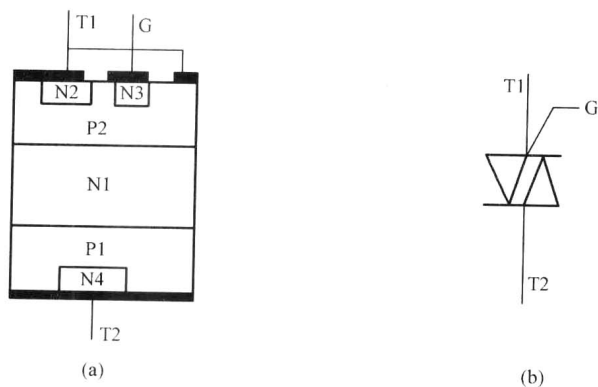


图 1-10 双向晶闸管内部结构、符号

(a) 结构；(b) 电路符号

(2) 基本特性。无论触发信号和主电极之间的电压极性如何，只要同时存在触发信号（可正可负）和主电极间电压（可正可负），双向晶闸管均导通。

(3) 用途。双向晶闸管能用小信号功率控制大输出功率，且具有正反两个方面都能控制导通的特性，是一种十分理想的无触点开关元件，在控温、调速、调光等方面得到了广泛的应用。

(4) 检测方法。

1) 将万用表置于 $R \times 1k\Omega$ 挡，两表笔接 A1 和 A2 两端，调换位置各测一次。两次测出的电阻值都应为无穷大。

2) 将万用表置 $R \times 1\Omega$ 挡，黑表笔接 A1，红表笔接 A2，将门极 G 与 A2 短接一下后离开，万用表应保持读数（如 30Ω ）。调换两表笔，再次将门极 G 与 A2 短接一下后离开，万用表指示情况同上。如两次检测情况相同，表示晶闸管是好的。

3) 对功率较大或较小而质量较差的双向晶闸管，可将万用表黑表笔串接 1.5V 电池后再按 2) 的方法测量判断。

五、电容器

1. 电容器的标识

一个电容器上除了标有型号外，还常标有耐压（额定电压）、容量、允许误差、工作温度范围等内容，这些统称为电容器的标识。电容器的标识通常有直标法、文字符号法及色标法等5种。

(1) 直标法。直标法是一种最直观的方法，它直接在电容器的表面上标出型号、耐压、容量、允许误差、生产日期等内容。目前，大多数电容器采用此法。

(2) 文字符号法。文字符号法是一种比较直观的标识方法，它是利用数字和文字符号在电容器表面标出有关参数和诸如产地、生产日期等相关内容的方法。

2. 容量标识

电容器的容量用数字和单位的缩写来表示，单位前的数字表示整数，单位后的数字表示小数。

电容器是储存电荷的元件，按频率特性可分为低频电容器和高频电容器；按介质可分为云母电容器、陶瓷电容器和电解电容器等。空调控制电路使用的主要是陶瓷电容器。

3. 基本特性

电容器具有充放电能力和隔直通交特性，是一种能够储存电场能量的元件。电容储存电荷的参数是电容量，电容器的容量一般直接标注在其表面上。电容器的容量会随温度变化而变化。对于耦合电容及旁路电容，如果维修时没有相同容量和耐压的配件在安装位置允许的情况下，代换时容量可适当加大、耐压值选高。有极性的电解电容器具有单方向性质，将电解电容器接入电路中时，电容器正极应接电路高电位，极性接反，会使电容器击穿损坏。

4. 符号和单位

电容量常用的单位是微法（ μF ）和皮法（ pF ），它们与基本单位法拉（ F ）的换算关系是 $1\text{F}=10^6\mu\text{F}=10^{12}\text{pF}$ 。电容器的符号如图1-11所示。

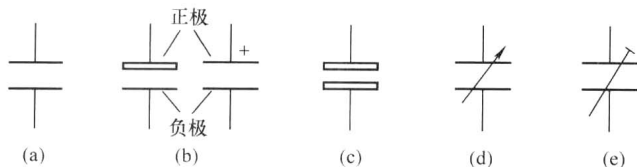


图1-11 电容图形符号

(a) 一般电容；(b) 电解电容；(c) 无极性电容；(d) 可变电容；(e) 微调电容

5. 用途

在电路中，电容器常用于调谐、耦合、滤波、隔直流和单相电动机分相等。

6. 检测

(1) 有极性电解电容器的漏电测量。根据所测电容器容量（如测 1000 、 100 、 $10\mu\text{F}$ 电容时将万用表分别置于 $R\times 100$ 、 $R\times 1\text{k}$ 、 $R\times 10\text{k}\Omega$ 挡），将黑、红表表笔分别接触被测电容器的正负极引线。从接通时刻起万用表的指针会快速地摆动到一定数值（该数值由电容器的容量决定，一般容量大，摆幅大），然后指针渐渐退回到 $R=\infty$ 的位置（退回原位与否取决于电容器的漏电情况）。如果指针退不到 ∞ 处，而是停止在某一位置，则指针所指示的阻值是漏电相应的电阻值。

(2) 无极性电容器漏电的测量。对于容量较小的无极性电容器，利用万用表可以判断其断路、短路、有无漏电并估计容量。将万用表置于 $R \times 1k\Omega$ 挡，用表笔接触电容器的引线（测量一次后表笔互换再测量一次），观察指针有无充电摆动，如有则说明电容器内部无断路。充电摆动后，若指针不能回到 ∞ 处，说明该电容器有漏电值，若指针的指示电阻值为 0，则说明该电容器内部已短路。

六、反相器

1. 非门

当反相器输入高电平时输出为低电平，而输入低电平时输出为高电平，输入与输出间是反相关系，即非逻辑，在逻辑电路中也把它称为非门。

实用的反相器电路为保证输入低电平时晶体管能可靠地截止，通常将电路接成图 1-12 的形式。由于增加了电阻 R_2 和负电源 V_{ee} ，当输入低电平（0V）时，晶体管的基极将为负电位，发射结反向偏置，从而保证了晶体管 VT 的可靠截止。

2. 与非门

将二极管和反相器连接起来就构成了与非门，如图 1-13 所示。

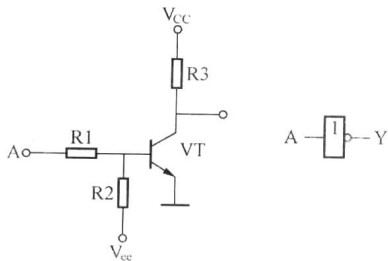


图 1-12 非门电路及逻辑符号

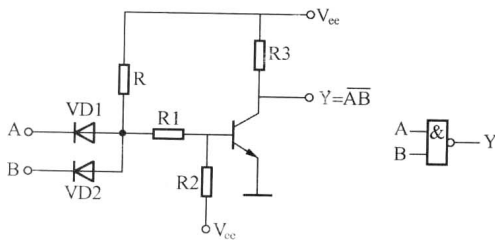


图 1-13 与非门电路及逻辑符号

七、光耦合器

在空调器的微电脑控制板上，几乎都采用了光耦合器，这种器件的主要作用是把电路中的强电部分与微电脑控制电路隔离开，同时把这两部分电路中的相关信号传递给对方。

1. 光耦合器的组成

光耦合器又称光隔离器或光耦，是由半导体光敏元件和发光二极管组成的一种器件。它的工作原理是：电信号加到输入端时，发光二极管发光，光耦合器中的光敏元件在此光辐射的作用下控制输出端的电流，从而实现电-光-电的转换，完成输入端和输出端之间的耦合。

常用的光耦合器的内部电路如图 1-14 所示。其中图 1-14 (a) 为光敏晶体管型光耦合器，图 1-14 (b) 为达林顿型光耦合器，图 1-14 (c) 为光电阻型光耦合器，图 1-14 (d) 为光触发晶闸管型光耦合器。

2. 光耦合器的特点

光耦合器特点是：输入端与输出端绝缘、信号单向传递而无反馈影响、抗干扰能力强、响应

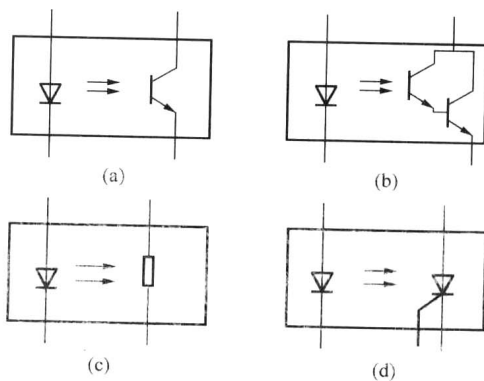


图 1-14 常用的光耦合器的内部电路

(a) 光敏晶体管型；(b) 达林顿型；
(c) 光电阻型；(d) 光触发晶闸管型

快、工作稳定可靠及无接触振动引起的噪声。

3. 光耦合器的主要技术参数

(1) 光电流。向光耦合器的输入端注入一定的工作电流 ($I_1 = 10\text{mA}$)，使发光二极管发光，在输出端调节负载电阻 (约 500Ω) 并加一定电压 (通常为 10V)，输出端所产生的电流就是光电流。以光敏晶体管为光敏器件的光耦合器，光电流一般在几毫安。

(2) 饱和压降。在输入端注入一定电流 ($I_1 = 20\text{mA}$)，输出端加一定电压 (10V)，调节负载电阻，使输出电流 I_2 饱和 (如 2mA)，此时光耦合器两输出端之间的压降即为饱和压降。通常，光敏晶体管型光耦合器的饱和压降约 0.3V ，达林顿型光耦合器的饱和压降约为 0.6V 。测试电路如图 1-15 所示。

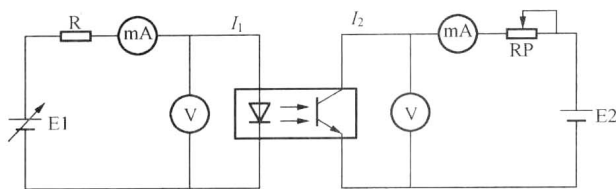


图 1-15 测量光耦合器饱和压降的电路

(3) 电流传输特性。在直流工作状态下，光耦合器的输出电流与输入电流之比称为电流传输比，电流传输比的大小，表明光耦合器传输信号能力的强弱。在相同输入电流的情况下，电流传输比越大，输出电流值就越大，推动负载能力也越强。电流传输比一般小于 1，常用百分数

表示。

(4) 绝缘耐压值。输入与输出之间的绝缘耐压值与发光器件和光敏器件之间的距离有关，当距离增大时，绝缘耐压值将提高，但电流传输比则降低；反之则情况相反。通常光耦合器的绝缘耐压值为几百伏。

4. 光耦合器的检测

(1) 首先用数字万用表的二极管挡找到输入端 (发光二极管)，并确定其正负极。将输入端接数字万用表的 NPN 插孔，正极接 C 孔，负极接 E 孔，以提供发光二极管工作电流。然后用指针式万用表的 $R \times 1\Omega$ 挡测量输出端的电阻。黑表笔接光敏晶体管的 C 极，红表笔接 E 极，万用表内 1.5V 电池作光敏晶体管的电源。光敏晶体管 C-E 极间电阻变化实际上就是光电流的变化。指针的偏转可反映电流传输特性，偏转角度越大，光敏转换效率越高。

(2) 在图 1-15 的电路中，如果光耦合器的输入端加上数伏电压，光敏晶体管的发射极对地串联一个数千欧姆的负载电阻，那么质量好的光耦合器，负载电阻上应可测得一定的直流电压。

八、555 定时器

555 定时器是一种将模拟功能与逻辑功能巧妙地结合在一起的中规模集成电路，电路功能灵活，适用范围广，只要外部配上五六个阻容元件，就可以组成单稳态电路、多谐振荡器或施密特触发器等多种电路。因而，555 定时器在检测、控制、定时报警等方面有广泛的应用。

图 1-16 为 555 定时器内部结构的简化原理图。555 定时器包括电压比较器 A1

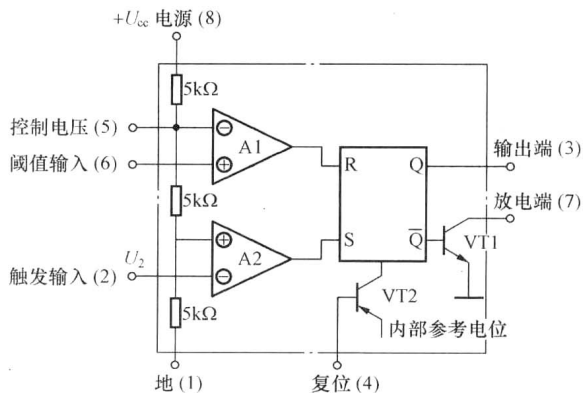


图 1-16 555 定时器内部电路