

WULIU JIXIE DIANKONG DIANQI XITONG DE
JIEGOU YU WEIXIU

物流机械电控电气 系统的结构与维修

陶新良 高明波等编著

中国物资出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

物流机械电控电气系统的结构与维修/后勤工程学院现代物流研究所编:—北京:中国物资出版社,2004.5

ISBN 7-5047-2148-4

I. 现… II. 后… III. ①物流—概论—技术培训—自学参考资料②物流—物资管理—技术培训—自学参考资料 IV. F252

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 037497 号

责任编辑 张冬梅

责任印制 张清钰

责任校对 高波

中国物资出版社出版发行

网址: <http://www.clph.cn>

社址:北京市西城区月坛北街25号

电话:(010) 68589540 邮编:100834

全国新华书店经销

河北省欣航测绘院华印刷厂印刷

开本:787×1092mm 1/16 印张:20 字数:483千字

2004年5月第1版 2004年5月第1次印刷

书号:ISBN 7-5047-2148-4/F·0834

印数:0001—3000册

定价:35.00元

(版权所有 翻版必究)

内 容 提 要

本书根据作者多年的工作经验编写而成。书中详细介绍了物流机械电控电气系统的结构、原理、使用、维修，以及常见故障诊断与排除等。

全书共分七章。内容包括物流机械电子电工基础知识、物流机械电源系统、物流机械启动系统、物流机械点火系统、物流机械电动机、物流机械动力控制元件、物流机械调速器，同时辅以大量的表格及数据；并附上相应的设备结构图及电路图。

前 言

近年来，随着物流业在世界范围内的蓬勃发展，越来越多的机械纷纷落户于物流业，诸如物流搬运机械、物流起重机械、物流运输机械以及专用物流机械等广泛应用于港口、货场、车站、码头、仓库、大型超市、工矿企业、物流中心、配送中心、军队等各个领域。因此，为了满足广大物流机械操作手、物流机械修理工以及相关的技术人员和物流机械管理人员对物流机械电控电气方面的知识需求，特编写此书。

本书基于现代物流机械电控电器设备使用的一些规律和特点，从物流机械电气系统的基本结构和原理入手，以叉车、牵引车、起重机械、运输车辆等物流机械为例，重点介绍主要电器部件的使用、维护和保养方面的常识，以及故障在诊断和排除上的一些方式和方法。

本书在论述中采用图文并茂的形式，并辅以大量的表格和数据；通过列举实例、剖析典型故障和预留思考题等形式，增强该书的通俗性、易懂性、实用性，有效提高实习、指导的可操作性；本书既适合于广大物流机械维修人员、操作手、驾驶员等学习之用，也可作为大、中专院校相关专业师生教学或参考选用。

本书由陶新良主编，全书由刘士通主审；参加本书编写和资料数据整理及插图的还有高明波、栾登旺、葛振忠、金涛、梁智刚等同志。

本书引用了大量的相关资料，谨在此向资料的原作者表示感谢；在编写过程中，承蒙杭州工程机械股份有限公司提供部分资料，在此一同表示谢意；对于书中存在的问题或有不妥之处，敬请广大读者不吝赐教与指正。

目 录

第一章 物流机械电子电工基础知识	(1)
第一节 物流机械电子技术基础知识	(1)
第二节 物流机械常用电工仪表及其使用方法	(20)
第三节 物流机械检测基本原则与基本检测技术	(28)
第四节 物流机械电控电气系统故障部位的判断	(40)
第五节 电控电气系统常用检修方法及注意事项	(43)
第二章 物流机械电源系统的结构与维修	(48)
第一节 电源系统的组成与基本功用	(48)
第二节 蓄电池的基本结构与维护	(49)
第三节 发电机的基本工作原理与结构	(63)
第四节 发电机典型故障分析与检修	(69)
第五节 调节器的基本结构与维护	(79)
第六节 工作情况指示装置与电源系统电路	(90)
第七节 KCJ-2 型充电机的基本结构与检修	(94)
第三章 物流机械启动系统的结构与维修	(116)
第一节 启动系统的组成与结构	(116)
第二节 启动机常见故障分析与检修	(123)
第三节 柴油发动机启动预热装置	(127)
第四章 物流机械点火系统的结构与维修	(135)
第一节 机械触点式点火系统的工作原理及结构	(135)
第二节 机械触点式点火系统的维护与故障诊断	(145)
第三节 无触点电子点火系统的分类与检修	(148)
第四节 微电脑控制点火系统的组成与故障诊断	(156)
第五章 物流机械电动机的结构与维修	(164)
第一节 三相异步电动机的结构与工作原理	(164)
第二节 异步电动机常用控制电路	(185)
第三节 直流电动机的结构与工作原理	(202)
第四节 其它新型驱动电动机	(219)
第五节 电动机典型故障诊断	(224)

第六章 动力控制元件的分类与基本功用	(227)
第一节 接触器的结构及工作原理	(227)
第二节 控制器的分类及结构	(231)
第三节 继电器与行程开关	(235)
第四节 控制器在电路中的具体应用	(245)
第七章 蓄电池物流机械调速器的基本结构与应用	(262)
第一节 DKM—3 型脉冲调速器蓄电池叉车电路	(262)
第二节 QBZ3—7A 型可控硅脉冲调速器工作原理及应用	(274)
第三节 几种新型调速控制器的结构与工作	(298)
第四节 调速器常见故障与排除	(308)
第五节 调速器检测仪器的应用	(332)



第一章 物流机械电子 电工基础知识

第一节 物流机械电子技术基础知识

本
节
导
读



- 一、半导体二极管及整流电路
- 二、稳压二极管及稳压电路
- 三、半导体三极管及其应用
- 四、可控硅及可控整流电路
- 五、555 时基电路的工作原理
- 六、集成电路的结构及使用

说明：①边框部分表示本节重点内容
 ②底纹部分表示本节难点内容
 ③加粗部分表示本节应了解的内容
 ④下划线部分表示本节应知应会内容

一、半导体二极管及整流电路

半导体二极管是最简单、最基本的电子元件，在物流机械的电控电气上得到广泛的应用。例如，在交流发电机的整流器、蓄电池物流机械的调速器上都大量使用二极管。

（一）半导体二极管的基本结构

当 P 型半导体和 N 型半导体采用一定的工艺技术结合在一起时，在二者的交界面上就形成一个 PN 结，它最大的特点就是具有单向导电性。半导体二极管的管芯实际上就是一个 PN 结，在管芯两侧的半导体上分别引出电极引线，其正极（阳极）由 P 区引出，负极（阴极）由 N 区引出，用管壳封装后就制成了二极管。按材料不同，半导体二极管可分为硅二极管和锗二极管；按结构的不同，二极管又可分为点接触型和面接触型两类，其外形与电路符号如图 1-1 所示。

点接触型二极管的 PN 结面积小，不能通过较大电流，但其高频性能较好，

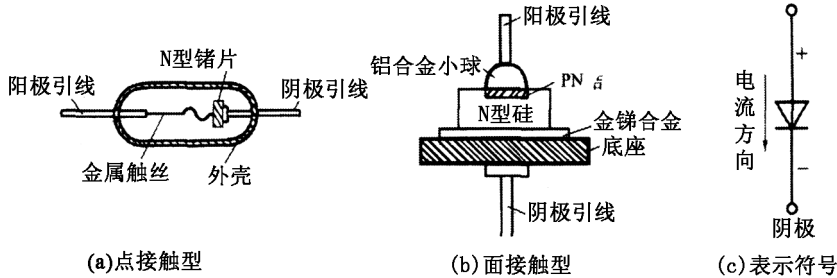


图 1-1 半导体二极管外型及符号

一般用于高频或小功率电路；面接触型二极管的 PN 结面积大，允许通过的电流相对较大，但工作频率低，多用于整流电路。

(二) 二极管整流电路

二极管整流电路是利用二极管的单向导电性，将正弦交流电压转换成单方向脉动的直流电压。常见的二极管整流电路有：单相半波、单相全波、单相桥式、三相半波和三相桥式整流电路，如图 1-2 所示。

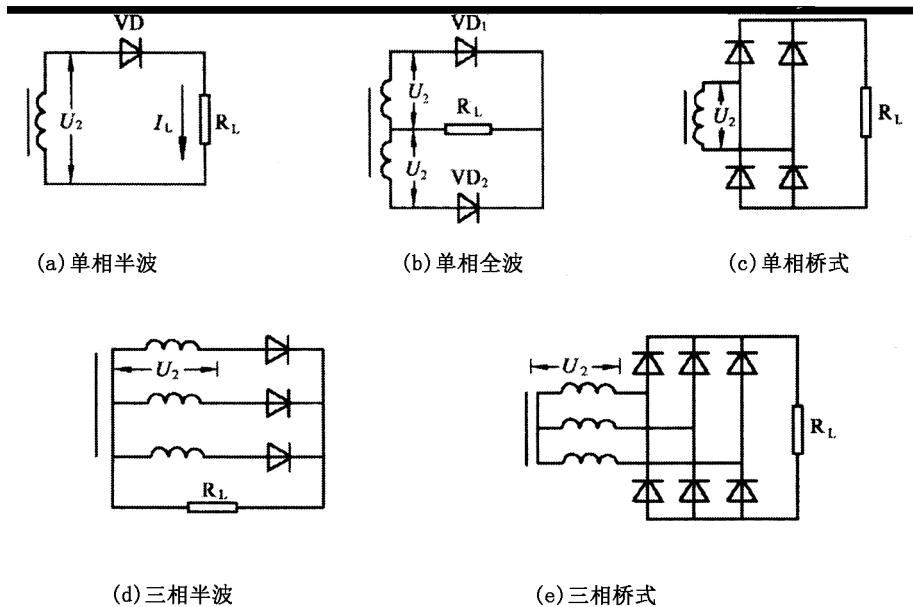


图 1-2 二极管整流电路

在小功率整流电路中，常见有单相半波、单相全波和桥式整流电路。由于半波整流的输出电压交流成分较多，因此很少采用。单相全波整流需要副边有中心



抽头的变压器，以及反向峰值电压较高的二极管，在实际电路上使用也不多。目前在物流机械上应用最广泛的是桥式整流电路，特别是要求输出功率较大时（如车用），则往往采用三相整流电路。

二、稳压二极管及稳压电路

（一）稳压二极管的特点

稳压二极管（又称稳压管）是一种特殊的面接触型硅二极管。由于它有稳定电压的作用，因此经常应用在一些稳压设备的电路中。

稳压管是利用 PN 结的反向击穿特性所具有的稳压性能而做成的。稳压管与普通二极管不同的是，在反向击穿的情况下，普通二极管会损坏，而稳压管却工作在反向击穿状态。由于采用特殊的制造工艺，这种击穿是可逆的。即只要流过稳压管的电流小于其最大允许电流，在外加电压去除后，管子的击穿即可恢复。因此，在实际使用时，都在电路中串入适当的限流电阻予以保护。

（二）稳压管稳压电路

交流电压经过整流滤波后，所得到的直流电压虽然脉动程度已经很小，但当电网电压波动或负载变化时，其直流电压的大小也将随之发生变化，从而影响电子设备和测量仪器的正常工作。为此，常在整流滤波电路之后加一级直流稳压电路。最简单的硅稳压管并联型稳压电路如图 1-3 所示。

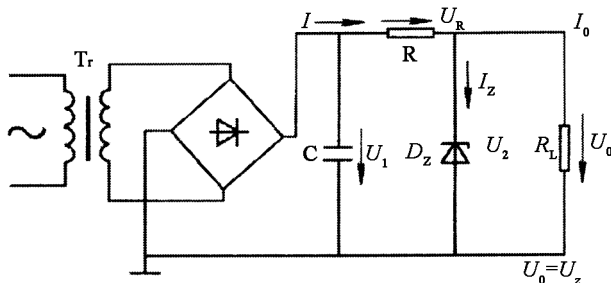


图 1-3 稳压管稳压电路

在图中， R_L 为负载电阻，稳压管 D_z 与 R_L 并联，限流电阻 R 与 D_z 配合起稳压作用。稳压电路的输入电压 U_i 是由整流滤波电路提供的直流电压，输出电压 U_o 即稳压管的稳定电压。

稳压电路的工作原理是：当交流电源电压增加而使输入电压 U_i 增加时，负载电压 U_o 也增加，即 U_z 增加。但 U_z 稍有增加时，稳压管的电流 I_z 就显著增加，因此 R 上的压降增加，以抵偿 U_i 的增加，使负载电压 $U_o = U_i - U_R$ 保持不变。反之，当电网电压降低时，通过稳压管与电阻 R 的调节作用，将使电阻 R



上的压降减小，仍然保持负载电压 U_o 不变。

当电源电压 U_i 保持不变而负载电流变化引起负载电压 U_o 改变时，上述稳压电路仍能起到稳压的作用。

例 1：如在 1-3 所示电路中，当负载电流增大时，电阻 R 上的压降增大，负载电压 U_o 因而下降；只要 U_o 下降一点，稳压管电流就显著减小，使通过电阻 R 的电流和电阻上的压降保持近似不变。因此，负载电压 U_o 也就近似稳定不变；当负载电流减小时，稳压过程相反。

三、半导体三极管及其应用

(一) 三极管的结构

具有两个 PN 结的半导体器件称为半导体三极管，简称三极管或晶体管。三极管有 NPN 型和 PNP 型两大类。三极管有基极、集电极和发射极三个电极，分别用字母符号 b、c、e 来表示。与集电极 c 相连的一层半导体称为集电区；与发射极 e 相连的一层半导体称为发射区；在集电区与发射区之间的一层半导体称为基区。集电区与基区之间的 PN 结称为集电结，基区与发射区之间的 PN 结称为发射结。由于硅三极管的温度特性较好，应用也较多，如在物流机械的电子调节器、点火器、燃油喷射控制器等上都大量采用。三极管的外形结构和电路符号如图 1-4 所示。

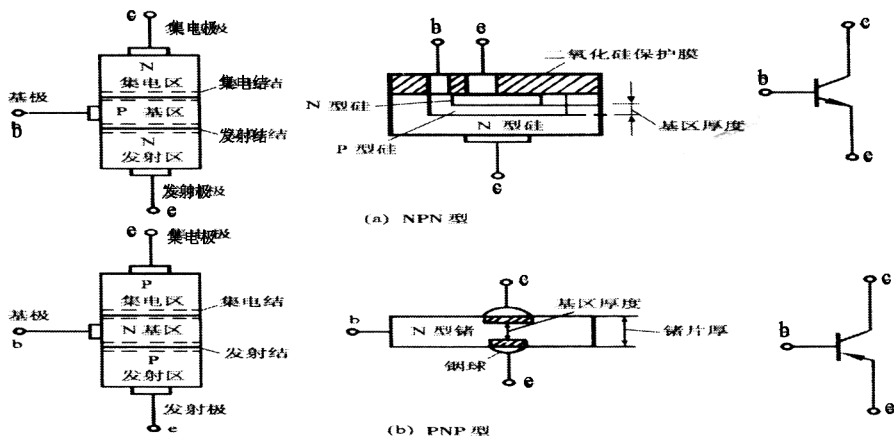


图 1-4 三极管的外形和电路符号

(二) 三极管的输出特性

三极管的特性曲线用来描述三极管各电极的电流与电压之间的关系，实际上是三极管内部特性的外部表现，也是分析电子电路的重要依据。如图 1-5 所示。



三极管输出特性是指基极电流 I_b 为一定值时，集电极电流 I_c 同集电极与发射极之间的电压 U_{ce} 之间的关系。当 I_b 不同时，可得到不同的曲线，如图 1-6 所示。

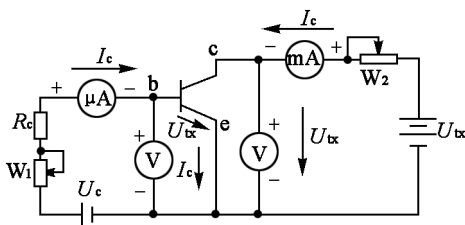


图 1-5 三极管特性曲线测试电路

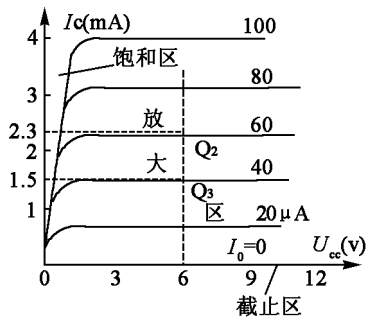


图 1-6 三极管输出特性曲线

由输出特性曲线可知，三极管可以工作在三个不同的区域：放大区、截止区和饱和区；也就是说，三极管具有三种不同的工作状态，即放大、截止和饱和状态。

1. 放大状态

在输出特性曲线上，三极管具有放大作用的区域称为放大区。放大区大致在 $I_b=0$ 的曲线与 I_c 曲线拐点连接线右侧部分之间的区域。三极管工作在放大状态的条件是：发射结处于正向偏置，集电结处于反向偏置。

2. 截止状态

在 $I_b=0$ 曲线以下的区域称为截止区。三极管工作在截止状态的条件是：发射结与集电结均处于反向偏置（实际上，发射结电压低于死区电压时，三极管就已进入截止状态）。此时 $I_c \approx 0$ ， $U_{ce} \approx U_{cc}$ ，集电极与发射极之间呈现高阻状态，相当于一个开关断开。

3. 饱和状态

三极管 I_c 曲线近似于直线上升的部分与纵坐标之间的区域称为饱和区。三极管工作在饱和状态的条件是：发射结和集电结都处于正向偏置。此时，集电极与发射极之间的管压降很低，但电流很大，呈现低阻状态，相当于一个开关接通。

综上所述，三极管不仅具有放大作用，而且具有开关作用。要使三极管起到放大作用，必须使其工作在放大状态；要使三极管起到开关作用，必须使其工作在饱和与截止状态。

二极管和三极管都可以工作在“接通”与“断开”的两种状态。在脉冲（开关）电路、数字电路以及物流机械发电机调节器、点火控制器和微机管理控制电路中，正是利用它们的这种开关特性来实现各种控制的。



四、可控硅及可控整流电路

二极管在整流电路中有一个很大的缺点，就是在交流电源电压一定时，输出的直流电压是一个固定值，而且往往不能任意调节。但是，在许多场合下，例如电动机转速的调节、同步发电机励磁电流的调节等，都要求直流电压是能够任意调节的，即具有可控的特点，并且希望调压方法经济和简便，硅可控整流元件（简称可控硅）就具有这样的功能。可控硅的另一个基本功能就是开关作用。在使用过程中，由于没有易磨损和需要更换的机械触头，因此开关功能既安全又高效。

在使用可控硅的电路中，一个很小的电流往往可以控制几百、几千安培的电流。用可控硅做整流元件的主要优点是：效率高、重量轻、体积小、动作迅速、维护简单、操作方便，并且它是静止元件，可以取代一些大功率的发电机——电动机机组、水银整流器等，作为供电电源或控制电源。它的主要缺点是过载能力差，控制比较复杂，抗干扰能力较差。

（一）可控硅的构造

可控硅又叫晶闸管，它是由四层半导体组成了三个 PN 结的半导体器件，从最外层的 P 层引出一个极，叫阳极，用 A 表示；从最外层的 N 引出一个极，叫阴极，用 K 表示；从中间的 P 层引出一个极，叫控制极用 G 表示。可控硅的外形，因功率大小不同，外形结构型式也不一样，如图 1—7（c）是几种常见的可控硅外形；图 1—7（a）是可控硅的结构示意图；图 1—7（b）电路符号图。

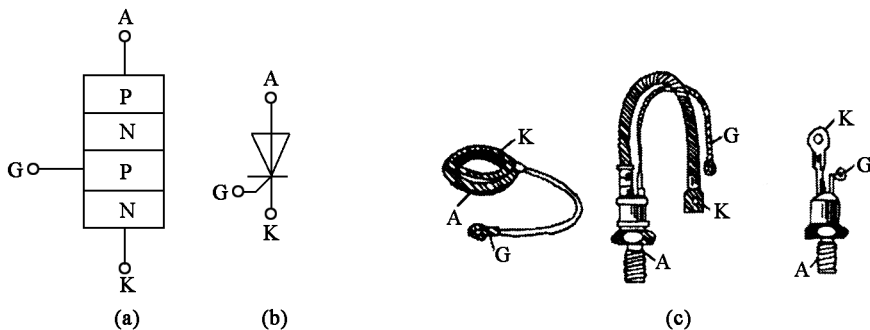


图 1—7 可控硅的结构与外形图

（a）可控硅的结构示意图；（b）可控硅的电路符号图；（c）可控硅的外形

（二）可控硅的工作原理

为了说明可控硅的工作原理，我们先来做一个简单的实验，实验电路如图 1—8 所示。



1. 可控硅阳极接电源正极，阴极经过一个灯泡接电源负极，也就是在可控硅两端加正向电压，控制极不加电压，这时灯不亮，说明可控硅没有导通，如图 1—8 (a) 所示。

2. 可控硅加正向电压，控制极相对于阴极来说也加正电压，这时灯亮，说明可控硅导通，如图 1—8 (b) 所示。可控硅导通后，如果去掉控制极上加的电压，灯仍然亮着，说明可控硅继续导通，控制极失去了控制作用。

3. 可控硅加反向电压，如图 1—8 (c) 所示，无论控制极加不加电压，灯都不亮，即可控硅是不导通的。

4. 如果控制极相对于阴极加负电压，那么不管可控硅的阳极和阴极之间是加正向电压还是反向电压，灯都不亮，可控硅不导通。

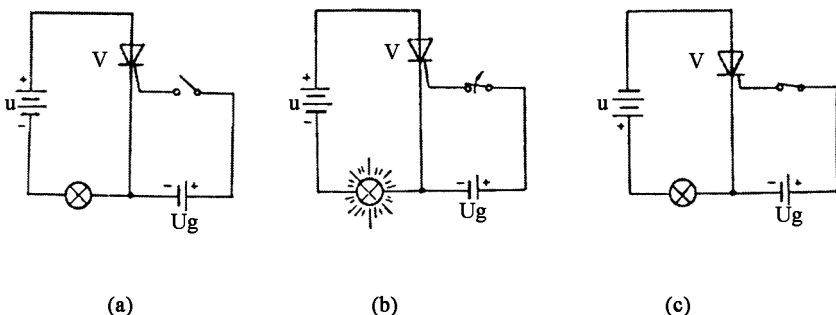


图 1—8 可控硅的导通实验

- (a) 加正向电压，无触发信号，可控硅不通；(b) 加正向电压，有触发信号，可控硅导通；
(c) 加反向电压，可控硅不通

从上述实验中可以看出，要使可控硅从不通转化为导通，必须具备的条件是：第一，可控硅阳极和阴极之间加正向电压；第二，控制极同时加上适当的正电压（在实际工作中，控制极上加正触发脉冲信号）。可控硅一旦导通，控制极就失去了控制作用。

为什么可控硅会有这样的特点呢？下面我们就来分析它的工作原理。

我们知道，PN 结导通的条件是在它的两边加正向电压，即 P 侧电位高于 N 侧电位。从可控硅的结构可以看出，如果控制极不加电压，而由阳极到阴极加正向电压，这时中间的 PN 结 J_2 是反向截止的，如图 1—9 (a) 所示；可控硅不可能导通，相当于一个处于断开状态的开关。如果由阳极到阴极加反向电压，就有两个反向的 PN 结 J_1 和 J_3 阻挡，此时可控硅当然也就不能导通，如图 1—9 (b) 所示。

当可控硅加正向电压时，如果控制极加上对阴极为正的电压，会发生什么情况呢？我们可以把可控硅看成是两个晶体管的组合，一个是 PNP 型管，一个是

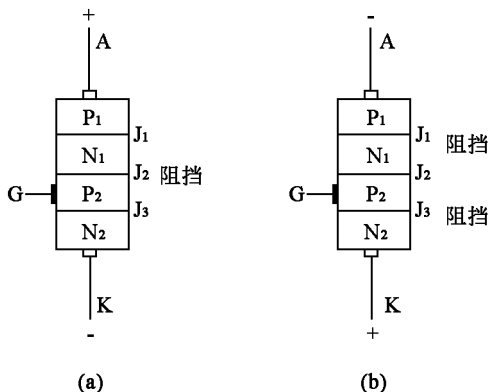


图 1—9 不加触发信号时，可控硅内部 PN 结的阻挡作用
(a) 加正向电压时，中间的 PN 结阻挡；(b) 加反向电压时，两边的 PN 结阻挡

NPN 型管，如图 1—10 所示。

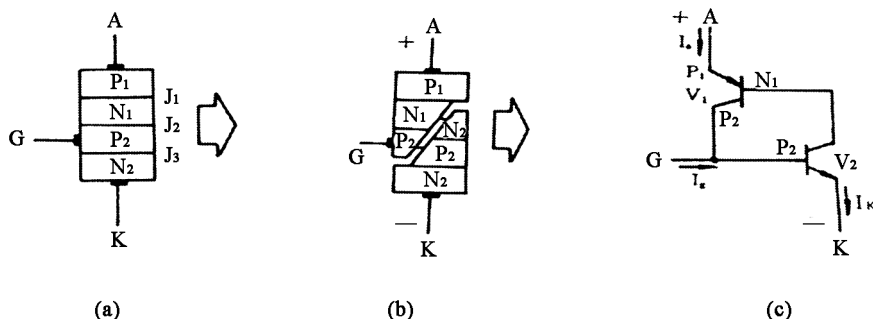


图 1—10 可控硅相当于 NPN 型和 PNP 型晶体管的组合
(a) 可控硅是一个四层半导体器件；(b) 把可控硅看作两个晶体管的组合；
(c) 与可控硅的作用原理等效的晶体管电路

两具晶体管的基极和集电极互相连接在一起，阳极 A 相当于 PNP 型晶体管 V_1 的发射极，阴极 K 相当于 NPN 型晶体管 V_2 的发射极。

如果在可控硅的阳极和阴极之间加正向电压，同时在控制极上加一个对阴极为正的电压，如图 1—11 所示，那么就相当于 V_2 的发射结正向偏置，从控制极输入一个控制电流 I_g ，这个电流就是 V_2 的基极电流 I_{b2} ，经过 V_2 的放大，在 V_2 的集电极电路中出现了电流 I_{c2} ， I_{c2} 又恰恰是晶体管 V_1 的基极电流 I_{b1} ，这个电流再经过 V_1 的放大作用，便得到 V_1 的集电极电流为 $I_{c1} = \beta I_{b1} = \beta \beta I_g$ (β 是 V_1 的共射极电流放大系数)。由于 V_1 的集电极和 V_2 的基极是接在一起的，所以这个电流又流向控制极，成为 V_2 的基极电流 I_{b2} ，这样循环作用下去，形成了强烈的



正反馈,使得 V_1 和 V_2 都很快达到饱和导通状态,在两个晶体管的发射极(一个是可控硅的阳极,另一个是可控硅的阴极)中出现很大的电流(电流大小实际上由外负载的大小决定),也就是说,可控硅完全导通了。当然,使得可控硅完全导通的这个正反馈过程所需要的时间是非常短的。

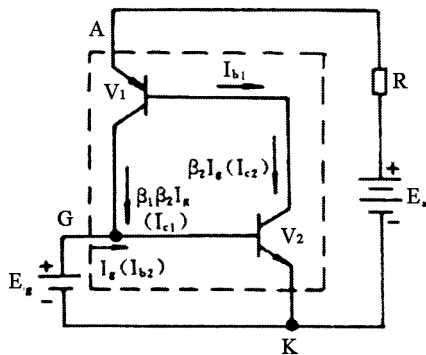


图 1-11 用两个晶体管的相互作用说明可控硅的工作原理

在可控硅导通之后,可控硅的导通状态就完全依靠管子本身的正反馈作用来维持,即使控制极电流 I_g 消失,元件仍然处于导通状态。所以,控制极的作用仅仅是触发可控硅使它导通,导通之后,控制极就没有控制作用了。

怎样才能使可控硅从导通变为截止(即关断)呢?

晶体管的电流放大系数和它的发射极电流大小是有关系的,在一定范围内,发射极电流小时 β 也小,发射极电流增大时, β 显著增大。因此,只有减小可控硅阳极电流的数值,使 β 和 β 大大减小,这样就不足以维持正反馈过程,才能使导通的可控硅关断。要减小可控硅的阳极电流,一般是将电源断开或者在可控硅上加反向电压。当阳极电流小于某一数值时,可控硅就关断了。使可控硅保持导通状态所需要的这个最小电流,叫做可控硅的维持电流。可控硅的阳极电流必须小于维持电流,可控硅才能被关断。

五、555 时基电路的工作原理

555 集成电路是 20 世纪 70 年代初出现的,开始只是用作定时电路,所以称为 555 定时器或 555 时基电路,简称 555 电路。但是后来经过开发使用,除了作定时延时电路之外,还有许多用途,如调光、调温、调压、调速和用作脉冲信号的产生、整形、变换和调制等。由于它工作可靠、使用方便、价格低廉,所以被广泛应用在自动控制、测量、通讯、家用电气以及物流机械等领域。



(一) 555 电路的组成

555 电路有双极型 (TTL) 和互补金属氧化物半导体型 (CMOS) 集成电路两大类。现以 TTL 型 (双极型) 555 集成电路为例介绍其结构的组成部分。

双极型 555 集成电路内部有二十几个晶体三极管和二极、十几个电阻。在分析 555 电路工作原理时, 如果直接根据电原理图进行, 则显得十分繁琐, 难以理解。常常采用其等效逻辑图来进行, 如图 1-12 所示。从图中可知它大体可以分为分压器、比较器、R-S 触发器、输出级和放电三极管等五部分。

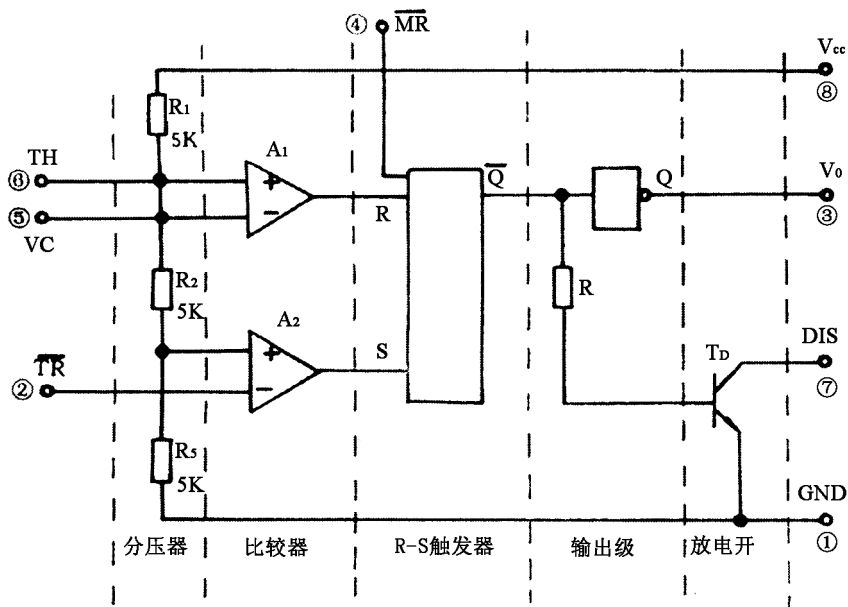


图 1-12 555 电路逻辑功能框图

1. 比较器

比较器有两个, 上比较器 A_1 和下比较器 A_2 。上比较器 A_1 的反相输入端固定在 $1/3V_{cc}$ (V_{cc} 为电源电压) 上, 它的同相输入端⑥脚称作阈值端 TH (或称高触发端), 常用来测外部时间常数回路中电容上的电压。下比较器 A_2 的同相输入端固定设置在 $1/3V_{cc}$ 上, 反相输入端②脚称作触发输入端 TR, 用来启动电路。比较器的主要工作将输入电压与基准电压进行比较, 将比较的结果用高电平“1”或低电平“0”两种状态在输出端表示出来。

上比较器的接法如图 1-13 (a) 所示。基准电压 U_f ($2/3V_{cc}$) 接在反相输入端 V_B 与地之间, 阈值端接在同相输入端 V_A 和地之间 (U_i), 当 $U_i > U_f$ 时, 输出端 V'_o 为高电平“1”; 当 $U_f > U_i$ 时, 输出端 V'_o 为低电平“0”。

下比较器 A_2 的接法与上比较器相反, 如图 1-13 (b)。因此, 当 $U_i > U_f$ 时,



输出端 V''_o 为低电平“0”；当 $U_i < U_f$ 时， V''_o 为高电平“1”。

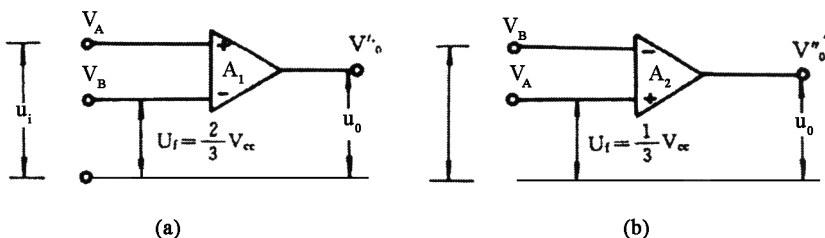


图 1-13 比较器的两种接法

2. 分压器

分压器的作用是向比较器提供基准电压。从图 1-12 可以看到，它是由三只精密度较高的 $5\text{K}\Omega$ 电阻串联组成的。它的上端接在电源正端 V_{cc} (8) 脚，下端接地①脚 (GND)，为上、下比较器分别提供 $2/3V_{cc}$ 和 $1/3V_{cc}$ 的基准电压。因为分压器的三只电阻都是 $5\text{K}\Omega$ ，所以这种集成电路被称为 555 时基集成电路。

555 的⑤脚称为“控制端 VC”，它联接在上比较器的基准电压端（反相输入端），若此端外接电压源，则比较器的基准电压由外接电源所决定，从而实现了外电压控制。如果⑤脚不接外部电源，则上、下比较器的基准电压分别为 $2/3V_{cc}$ 和 $1/3V_{cc}$ 。

例 2：若⑤脚接 4V 电压，则上比较器 A_1 的基准电压就是 4V，而下比较器 A_2 的基准电压为外接电源电压的一半，即 2V。

如果⑤脚接一交变电压（例如正弦波），则上、下比较器的基准电压都随时间而变化，从而使外部定时单元的充放电时间也随之变化，可以起到调制的作用；当⑤脚不接外加电源时，通常接入一个 $0.01\mu\text{F} \sim 0.1\mu\text{F}$ 的电容器至地，以防外界干扰。

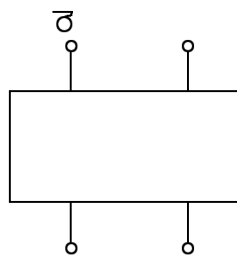


图 1-14 R-S 触发器符号图

3. 基本 R-S 触发器

555 时基电路的核心部分是一个 R-S 触发器，如图 1-14 所示。

由 R-S 触发器的逻辑功能是：

- ① $R=1, S=0$ 时，触发器被置成低电平，即 $Q=0, \bar{Q}=1$ ；
- ② $R=0, S=1$ 时，触发器被置成高电平，即 $Q=1, \bar{Q}=0$ ；
- ③ $R=0, S=0$ 时，触发器保持原状态不变，即 $Q=Q_n$ ；
- ④ $R=1, S=1$ 时，触发器状态不定，这种情况不允许出现。

上述逻辑功能可列成状态真值表，如表 1-1 所示。