



注塑机 电路维修

李忠文 编著



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

注塑机电路维修

李忠文 编著

化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心
·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

注塑机电路维修/李忠文编著. —北京: 化学工业出版社, 2001.9
ISBN 7-5025-3278-1

I. 注… II. 李… III. 注塑机-电路-维修
IV. TQ320.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 037501 号

注塑机电路维修

李忠文 编著

责任编辑: 刘 哲 李玉晖

责任校对: 顾淑云

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 21½ 插页 3 字数 538 千字

2001 年 9 月第 1 版 2002 年 5 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-5025-3278-1/TM·18

定 价: 43.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

目 录

第一章 电子电路	1
一、组成电子电路的元器件	1
二、电子电路分析	10
(一) 电源电路分析	11
(二) 开关电路分析	12
(三) 可控硅电路分析	13
第二章 电子元器件的选用	15
一、阻容元器件	15
二、晶体二极管、三极管器件	19
三、半导体集成电路	20
第三章 电气电路	22
一、电气电路基本知识	22
二、电器元件应用及检修要点	22
三、电气电路分析及控制	27
(一) 具有过载保护的启动、停止电路	27
(二) 电加热自动控制电路	28
(三) 正反转电路	28
(四) 星形/三角形 (Y/Δ) 换接降压启动电路	29
四、可控硅整流电路及保护	30
(一) 单相可控硅整流电路	30
(二) 三相可控硅整流电路	31
(三) 可控硅系统保护措施及脉冲电路	32
第四章 注塑机(啤机)系统的微机控制和电气控制	35
一、微型计算机控制系统	35
(一) 微机系统结构	35
(二) CPU 系统连接	35
二、接口电路	38
(一) 串行输入/输出接口	38
(二) 并行输入/输出接口	41
(三) 可编程计数器/定时器接口	45
(四) 可编程键盘/显示接口	46
(五) 可编程计时器	48
三、程序控制器	49
(一) F 系列(三菱) PC 机	49
(二) F 系列 PC 机的基本指令及编程	59

(三) C 系列 PC 机	71
(四) C 系列 PC 机基本指令及编程	76
四、注塑机电气控制 (继电器控制类型)	81
(一) 主电机 (马达) 启动电路	82
(二) 电加热自动控制电路	82
(三) 宝源机型 PYI-7B 主要器件及电路分析	84
五、注塑机电子电器控制 (Z80 单板机控制类型)	89
(一) 主电路控制过程	89
(二) 加热电路	91
(三) 电源电路	91
(四) 单板机控制系统	91
六、注塑机多功能程序控制器控制 (8085 单板机控制类型)	101
(一) 系统组成	101
(二) 控制原理分析	107
七、注塑机电脑程序控制器控制 (双 8085 单板机控制类型)	108
(一) 电脑程序控制器面板	108
(二) 注塑机的操作	113
(三) 电脑程序控制器电子控制系统	120
八、注塑机改用程控器控制	131
(一) HS120 型注塑机改用程控器控制	132
(二) BY-7B 型注塑机改用程控器控制	152
第五章 注塑机 (啤机) 机械、液压及电气控制	160
一、震雄注塑机机械、液压和电气装置	160
(一) 机械部分	160
(二) 液压部分	166
(三) 电气控制部分	174
二、宝源注塑机机械、液压和电气装置	190
(一) 机械部分	190
(二) 液压部分	202
(三) 电气部分	202
三、注塑机维修方法及要点	209
(一) 注塑机安全装置检修要点	209
(二) 发热筒及加热电路检修要点	214
(三) 主电机及控制电路检修要点	214
(四) 油掣阀与电路检修要点	215
(五) I/O 电子电路板与电路的检修	220
(六) 电子放大板电路及其维修	227
(七) 电源电子板电路检修	232
(八) 油掣组合单元、油路及液压元件	234
(九) 比例流量、压力的调校	238

(十) 程控器电路的维修方法	242
(十一) 注塑机常见故障的处理方法	244
第六章 注塑机(啤机)的机械手和常见故障处理	255
一、注塑机用 Apollo 机械手	255
二、注塑机常见故障与处理方法	277
三、注塑机程控器检修指南	284
第七章 注塑机(啤机)维修技巧	294
一、仿真机的应用及 EPROM 拷贝	294
二、程控器应用程序的编程技巧	299
三、编程操作	305
四、监控操作	306
五、程序传送操作	307
第八章 注塑机(啤机)电子电路板的维修与加工制作	308
一、电子电路板的加工制作过程	308
二、电子线路设计软件的应用	310
三、电子电路的板加工制作实例	312
四、检测电子电路板简易装置制作及调校方法	324

第一章 电子电路

电子电路应用广泛，种类繁多，举不胜数，按电子电路的基本功能可分四大类型电路：整流电路、开关电路、放大电路和振荡电路。注塑机控制电路中亦包含了这四大类型的电子电路。熟练掌握这四大类型电路的基本工作原理和维修方法，并能举一反三，融会贯通，这对于从事注塑机维修工作的人员来说是必备的基础。

一、组成电子电路的元器件

图 1-1 是综合电子电路原理图，它包括了许多电子元器件，组成了三种电路。首先它是由变压器、整流二极管、电解电容器、三端稳压器、LED 发光二极管等元件组成的理想电源电路。再由开关 S_2 控制电位器 W_1 、三极管、二极管、高灵敏继电器 J 组成开关放大电路来控制继电器的工作状态。继电器的常开触点控制是由单结管电阻和电容器组成的振荡电路可控硅，可控硅又对灯泡进行功率控制。这个电子电路的组成，涉及的是分立的电子元器件，了解电子元器件特性，对于理解电子电路的工作原理十分有益。

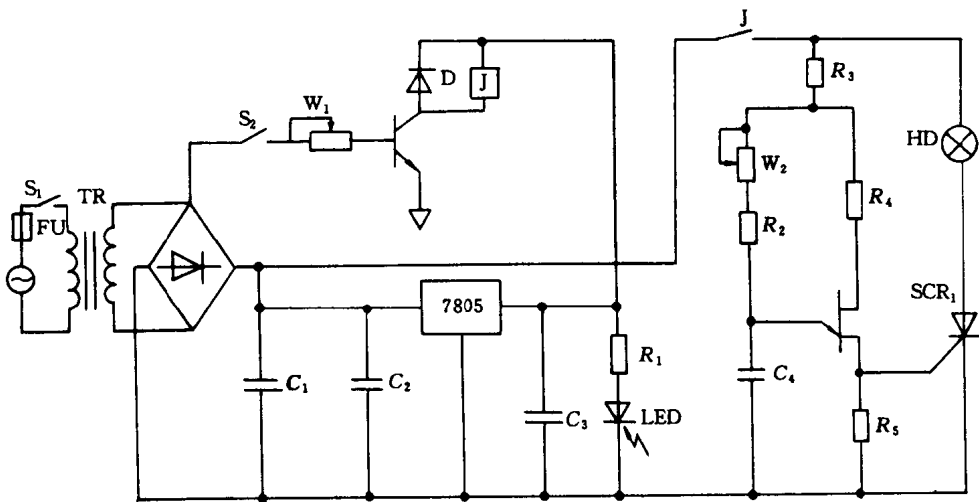


图 1-1 综合电子电路原理

1. 变压器

变压器是能够升降交流电压的装置。变压器由初级线圈、次级线圈和铁芯组成。当不考虑损耗时它具有如下比例关系： $U_1 : U_2 = n_1 : n_2$ 。符号见图 1-2。变压器设计依据比例关系选择电压值和变压器初级、次级匝数，还要求根据次级电压和次级电流选择线径。经验公式如下。

$$\begin{aligned} \text{变压器次级电压} &= (\text{电路需要电压} + 3)\text{V} \\ \text{变压器次级电流} &= (\text{电路需要电流} \times 1.7)\text{A} \end{aligned}$$

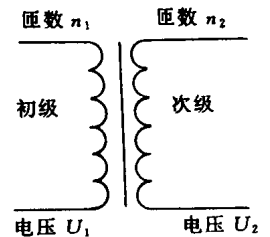


图 1-2 变压器符号

2. 二极管

半导体二极管也叫晶体二极管，简称二极管。其符号和常见四形式如图 1-3 所示。

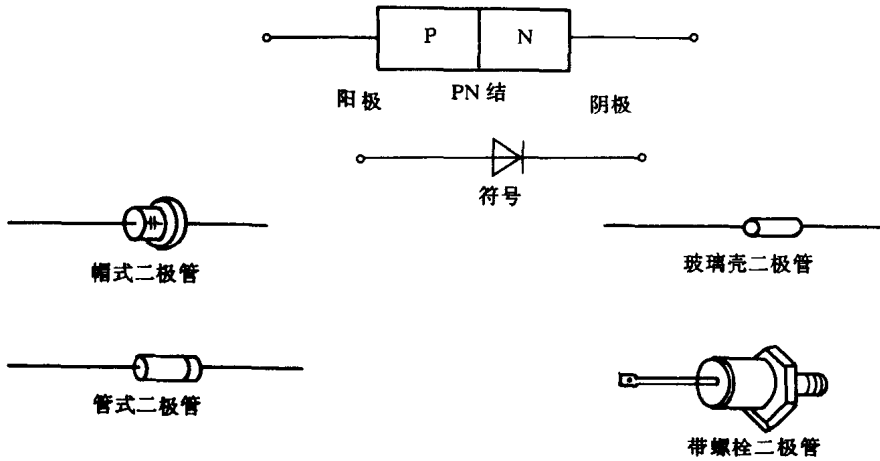


图 1-3 二极管符号及常见类型

半导体二极管实际上是由一个 P 型材料与 N 型材料组成的 PN 结，它具有定向的内阻。图 1-4 是在 P-N 结上加正向电压，电流从 P 端进入，N 端流出。当调节电位器使 P-N 结两端的电压逐渐升高，电流也随电压的增加而增加。这也说明电流流过 P-N 结时电阻较小，快要接近导通的低阻状态，近似开关闭合，见图 1-4 (b)。

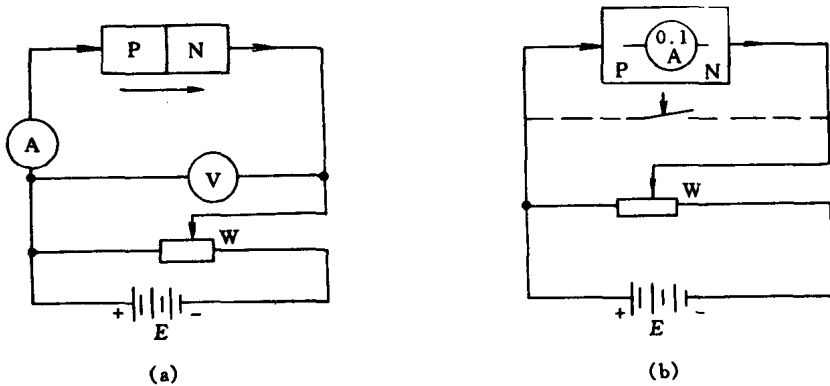


图 1-4 二极管 P-N 结上加正向电压
(a) 正向偏置；(b) 低阻状态

图 1-5 (a) 是在 P-N 结上加反向电压，电流从 N 端进入，P 端输出。调节电位器使 P-N 结两端的电压逐渐升高，当电流稍有一点后几乎不再随电压的升高而升高，保持很小的电流不变（常称作反向饱和电流）。这说明电流流过 P-N 结时电阻较大，几乎接近开路的高阻状态，类似开关断开。如图 1-5 (b) 所示，高阻状态下 $R = \frac{1V}{10^{-9}A} = 10^9\Omega$ 。

通过以上分析，可以得出二极管 P-N 结的单方向导电特性。利用二极管单方向导电这个基本特征，就可以把交流电变成脉动的直流电，起整流作用。还可以把载有低频信号的高频信号电流，变成低频信号电流，起检波作用，如图 1-6 所示。

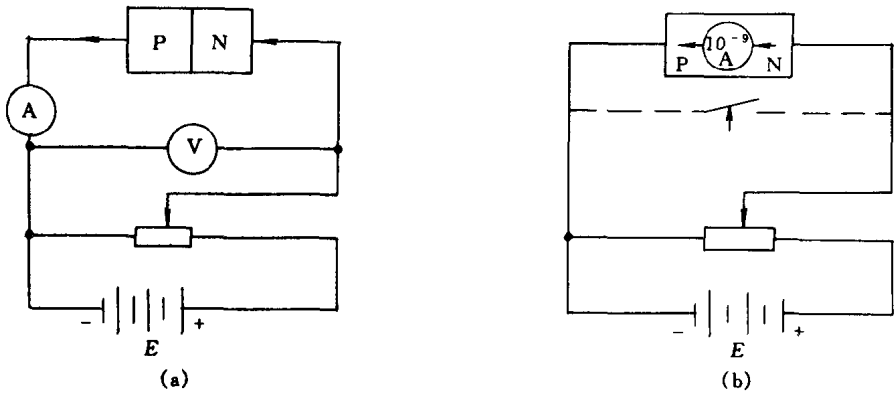


图 1-5 二极管 P-N 结上加反向电压
(a) 反向偏置; (b) 高阻状态

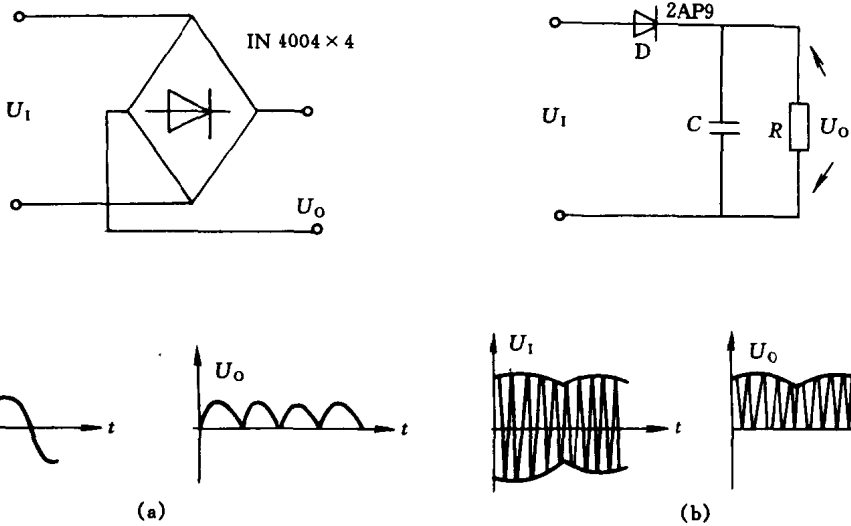


图 1-6 二极管作用
(a) 整流作用; (b) 检波作用

(1) 半波整流电路 电路及波形如图 1-7 所示。交流电压是随时间变化的。图 1-7 电路中二极管状态也随着交流电压的变化而变化，有时处于正向偏置而有时处于反向偏置，这样呈周期性变化。在交流电压的正半周，二极管正向偏置，通过负载而导电。在二极管导电期间，处于低阻状态，相当于开关闭合，正半周压降在负载上。在交流电压的负半周，二极管反向偏置而不导电。这期间二极管几乎接近开路，无电流流过负载，负载两端也无电压降。所以半波整流电路中二极管只在正半周交流电压下工作，它的输出电压只有输入交流电压的 0.45 倍，即

$$U_0 = 0.45 U_1$$

(2) 全波整流电路 电路及波形如图 1-8 所示。其工作过程如下：交流电压的正半周，电压回路是 D_1 经过 R_L ，再经过 D_3 后回电源。交流电压的负半周时，电压回路是由 D_2 经过

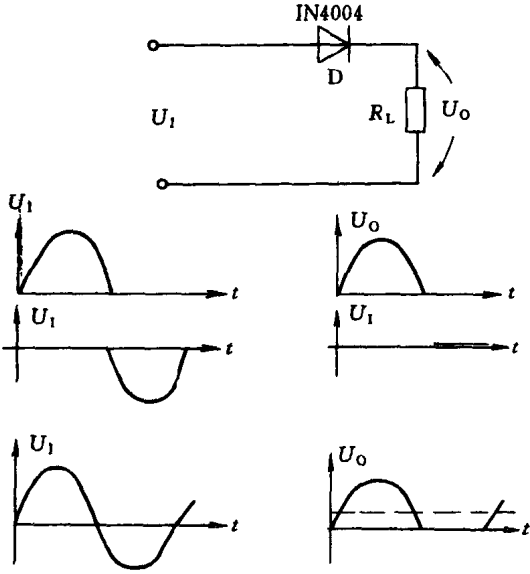


图 1-7 半波整流电路及波形

用不同型号规格的电容器。电解电容器具有体积小、容量大的优点常常用于滤波电路中。图 1-9 是电容器符号及部分类型电容器。

R_L ，再经过 D_4 后回电源。所以全波整流电路中二极管 D_1 、 D_3 和 R_L 构成正半周电路， D_2 、 D_4 和 R_L 构成负半周电路，它的输出电压是半波整流电路的 2 倍，即

$$U_0 = 0.9U_1$$

3. 电容器

电容器是一种能储存电能的元件，它储存电荷的多少与加到电容器两端的电源电压有关系。加在电容器两端，并且电容器能够长期可靠地工作而不被击穿时，能承受的最大直流电压称为耐压。而电容器的标称容量就是电容器存储电荷的容量。电容器一般还分工作电压和试验电压，分别用 WU 和 TU 来表示。电容器的类型很多，可分为固定电容、电解电容、可变电容和微调电容。电容器介质不同就有不同名称的电容，种类繁多。用于不同的场合应选

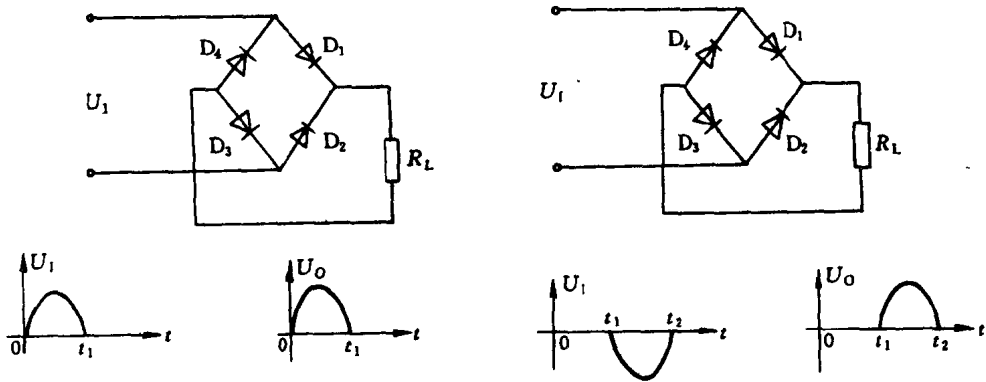


图 1-8 全波整流电路及波形

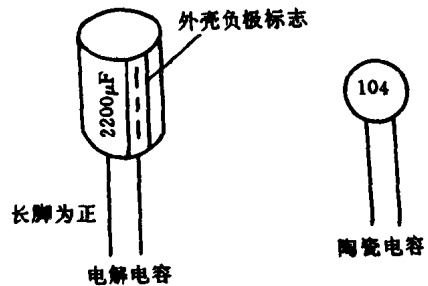
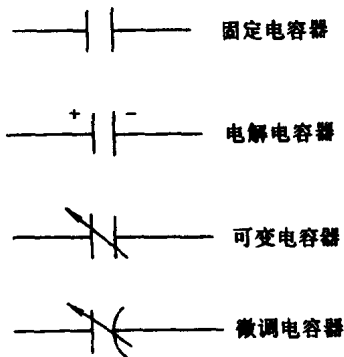


图 1-9 电容器的符号及电容器

图 1-10 所示为电容器滤波电路及波形。所有的直流电源都要在整流电路之后设滤波电路。滤波电路的作用就是除去整流电路输出的脉动直流电压的纹波，使之平滑。电容器主要起抑制电压变化的作用。电容器的充电和放电特性和二极管的单向导电性结合起来阻止电压的脉动。

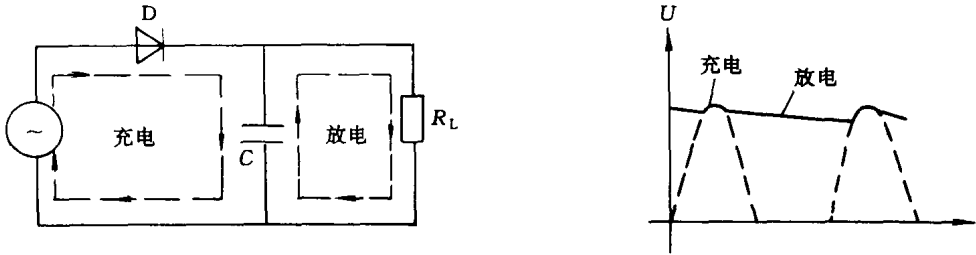


图 1-10 电容滤波电路及波形

4. 三端稳压器

二端稳压器是固定输出电压、单片集成稳压器。它有三端固定式稳压器和三端可调式稳压器两大类型。前者还分三端固定正输出稳压器和三端固定负输出稳压器。三端稳压器按封装形式还分金属菱形和塑封直插两种。三端稳压器各系列内部有过流保护、过热保护和安全工作区保护，防止稳压器过载而受损坏。

(1) 三端固定正输出稳压器 三端固定正输出稳压器一般用 78 系列来表示，如 7805 就表示是输出电压为 +5V 的三端稳压器。常用的 78 系列稳压器有 9 种电压档位，可以有 +5 ~ +24V 输出电压，电流范围是 0.5 ~ 1.5A。管脚名称见图 1-11 (a)。

(2) 三端固定负输出稳压器 三端固定负输出稳压器一般用 79 系列来表示，如 7912 就表示输出电压为 -12V 的三端稳压器。常用的 79 系列稳压器有 8 种电压档位，可以有 -5 ~ -24V 输出电压，电流范围也是 0.5 ~ 1.5A。管脚如图 1-11 (b) 所示。

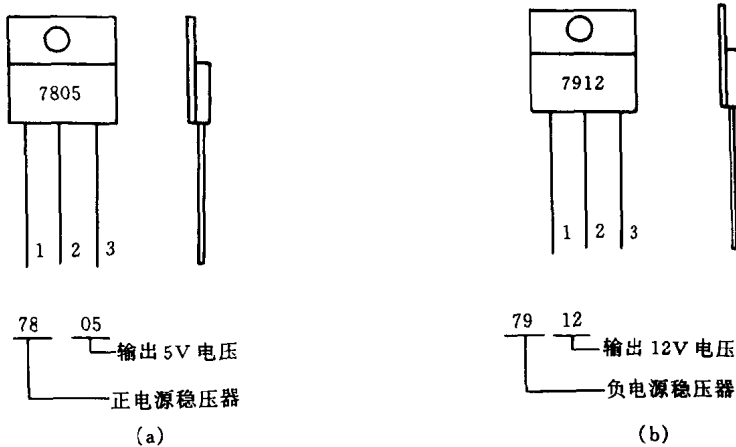


图 1-11 三端稳压器（塑封直插）外型及管脚

(a) 三端固定正输出稳压器：1—输入，2—地，3—输出；

(b) 三端固定负输出稳压器：1—地，2—输入，3—输出

(3) 三端可调式集成稳压器 三端可调稳压器也有两种类型。一种是可调正电压稳压器，另一种是可调负电压稳压器。其输出电压均可在 1.2~37V 范围内连续调整。还能提供 0.5~1.5A 的输出电流。通过外接电阻和电位器就可以调整到所要求的输出电压。三端可调式稳压器芯片内部设有过电流保护、芯片过热保护及安全工作区保护，以防止损坏稳压器。图 1-12 为三端可调式集成稳压器外形及外接电路。

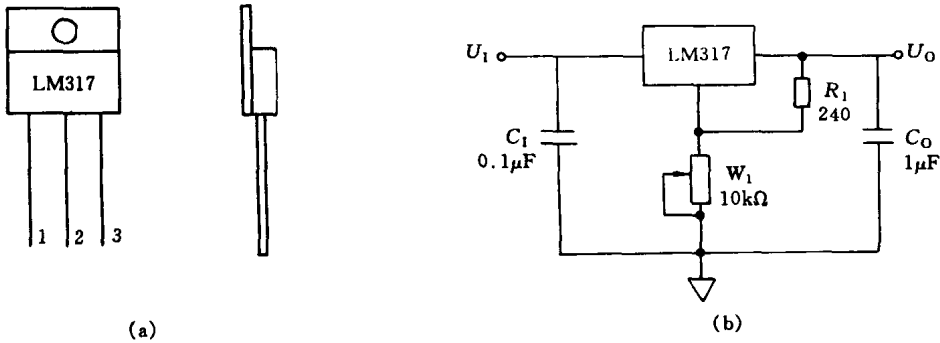


图 1-12 三端可调式稳压器外形及外接电路

(a) 外形：1—调整端，2—输出端，3—输入端；(b) 外接电路

5. 电阻器

电阻器从结构形式上可分为固定电阻、可变电阻及电位器三种。从构成电阻器的物质结构上分有实芯、碳膜、绕线电阻等等。其重要参数就是额定功率和标称阻值及误差精度。常见电阻额定功率有 0.125W, 0.25W, 0.5W, 1W, 2W, 3W, 5W, 10W 等。常用电阻误差精度为 $\pm 10\%$, $\pm 5\%$, $\pm 1\%$ 等几种。电阻标称值常见方式有直接标注电阻值；数字标注；色环标注。电阻值一般由 E24 系列数值决定，即普通电阻的阻值系列。不同误差等级的电阻有不同数目的标称值，误差越小精度愈高的电阻，标称值愈多。表 1-1 是 E24 系列即普通电阻的阻值系列。

表 1-1 普通固定电阻标称阻值系列

精 度	标称阻值系列/ Ω								
	100	110	120	130	150	160	180	200	220
$\pm 5\%$	240	270	300	330	360	390	430	470	510
	560	620	680	750	820	910			
	100	120	150	180	220	270	330	390	470
$\pm 10\%$	560	680	820						
	100	150	220	330	470	680			
$\pm 20\%$									

数字标注单位是 Ω 。前面两位数字是有效数字。第三位数字是有效数字后面 0 的个数，也可以理解为 10 的乘方数。两者之间是乘积关系。例如一电阻数字标注为 331，那么它的阻值有效数字为 33，后面 1 表示有效数字后面 0 的个数为 1，关系是乘积关系即为 330Ω ，单位用 Ω 表示。若数字标注为 103，就应该知道有效数字为 10，后面 3 表示有效数字后面 0 的个数为 3，该电阻值为 10000Ω 等于 $10k\Omega$ 。

读取色环电阻阻值，还要记住色环颜色及色环道的含义，见表 1-2。一般常用的电阻有

四道色环，前三道表示有效数字及其后面0的个数，第四道表示电阻的精度等级。普通电阻分三级：棕色表示精度 $\pm 1\%$ ；金色道表示精度 $\pm 5\%$ ；银色道表示精度 $\pm 10\%$ 。

第一道色环表示最大一位有效数字，第二道色环表示第二位有效数字，第三道色环表示有效数字后面0的个数，也就是应乘的10的倍数。第四道色环表示精度误差。如一电阻色环是棕黑橙棕，色环代表的数字应该是 10×1000 ，等于 $10k\Omega \pm 1\%$ 。

表 1-2 色环颜色代表的数字

色 别	第一色环	第二色环	第三色环	第四色环
棕	1	1	10	
红	2	2	100	
橙	3	3	1000	
黄	4	4	10000	
绿	5	5	100000	
蓝	6	6	1000000	
紫	7	7	10000000	
灰	8	8	100000000	
白	9	9	1000000000	
黑	0	0	1	
银			0.01	$\pm 10\%$
金			0.1	$\pm 5\%$
棕				$\pm 1\%$
无色				$\pm 20\%$

6. LED 发光二极管

LED 发光二极管是在发光二极管的两端加上电压（正向偏置），工作电压在 5V 以下，最大工作电流在 40mA 以下，就会发出红色或绿色的光。一般常用在电压 2V，电流为 10 ~ 20mA 较为适宜。电压高的场合要加上限流电阻以保证工作正常。HL 系列 LED 型号和特性见表 1-3。

表 1-3 HL 系列发光二极管 (LED) 型号和特性

型号	测试条件	参数	极限功率	最大工作电流	正向电压	光通量	发光颜色	发光波长
HLR-3	$I_F = 10\text{mA}$, $U_R = 5\text{V}$, $I_F = 10\text{mA}$ (光通量)		80mW	40mA	< 2V	$\geq 2 \times 10^{-3}\text{lm}$	红	6650Å
HLO-3			80mW	40mA	< 2.8V	$\geq 6 \times 10^{-3}\text{lm}$	橙	6150Å
HLY-3			80mW	40mA	< 2.8V	$\geq 11 \times 10^{-3}\text{lm}$	黄	5850Å
HLC-3			80mW	40mA	< 2.8V	$\geq 11 \times 10^{-3}\text{lm}$	绿	5650Å
HLR-5	$I_F = 20\text{mA}$, $U_R = 5\text{V}$		100mW	50mA	< 2V	$\geq 3 \times 10^{-3}\text{lm}$	红	6650Å
HLO-5			100mW	50mA	< 2.8V	$> 9 \times 10^{-3}\text{lm}$	橙	6150Å
HLY-5			100mW	50mA	< 2.8V	$> 20 \times 10^{-3}\text{lm}$	黄	5850Å
HLC-5			100mW	50mA	< 2.8V	$> 20 \times 10^{-3}\text{lm}$	绿	5650Å

LED 发光二极管外形和符号如图 1-13 所示。发光二极管分为圆柱形和矩形。圆柱形一般按大概直径来分，有 $\phi 3$, $\phi 5$, $\phi 8$, $\phi 10$, $\phi 12$, $\phi 15$ 等。常用矩形 2×4 。

在维修中最常用到的就是要计算限流电阻，要按电路欧姆定律来进行计算。例如电源电压为 12V，要使 LED 灯亮，LED 需要串联多大的限流电阻。图 1-14 为电路图。由电路可知

$E = 12V, I = 10mA,$

$$R = \frac{E - 2V}{10mA} = \frac{10V}{0.01A} = 1000\Omega$$

取 $R = 1k\Omega$ 电阻即可。

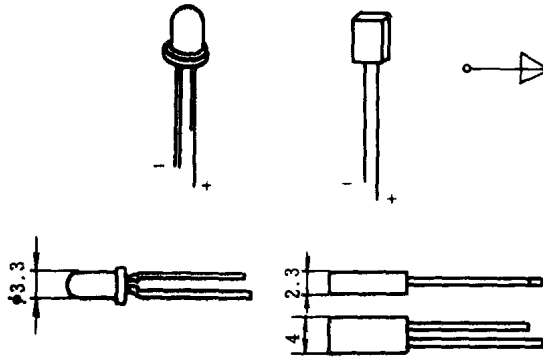


图 1-13 LED 发光二极管外形和符号

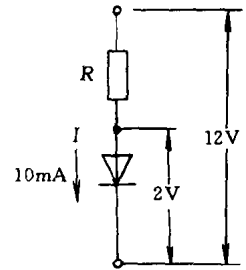


图 1-14 求 R 电路

7. 晶体三极管

晶体三极管是由两个 P-N 结组成的，如图 1-15 (a)所示。按它们的作用不同，分别叫做发射结(ebj)和集电结(cbj)。两个 P-N 结把晶体管分成三个单元，即发射极、基极和集电极。如果基极为 N 区，两侧是 P 区，就称它为 PNP 型晶体三极管。如果基极为 P 区，两侧是 N 区，如图 1-15 (b)所示，就称它为 NPN 型晶体三极管。图 1-15 晶体三极管构造图及符号。

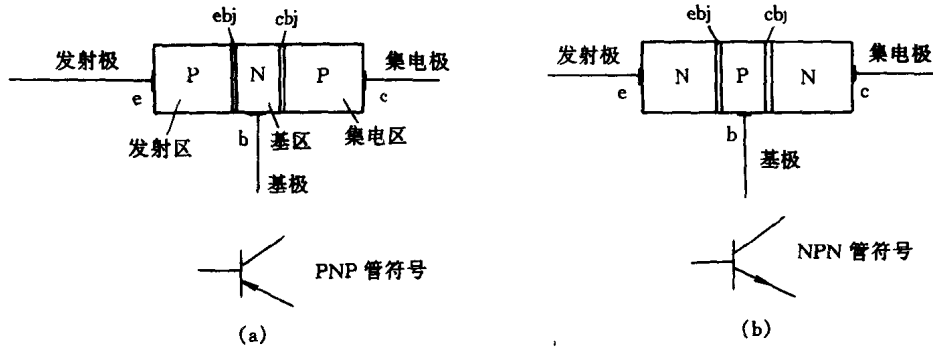


图 1-15 晶体三极管构造及符号

(a) PNP 三极管构造及符号；(b) NPN 三极管构造及符号

由晶体管放大原理可得出结论并通过实验证明了如果在基极 (b) 和发射极 (e) 之间有基极电流 I_b 流过，则集电极 (c) 和发射极 (e) 之间就导通，就有集电极电流 I_c 流过，其值为 βI_b 。 β 称为电流放大系数。

$$I_c = \beta I_b$$

晶体三极管有许多用处，最常见的是用作晶体管放大电路和开关电路，最重要的作放大器。晶体三极管还能通过控制集电极直流源的电压来放大电压幅度、电流和功率。图 1-16 是综合电子电路中开关电路部分，具体分析计算如下。

闭合开关 S，调节 W 阻值为 $1.5k\Omega$ 时，分析该电路的状态，晶体三极管 $\beta = 50, U_I =$

11V。

解：①利用电路回路求 I_b 。

$$I_b = \frac{U_I - U_{be}}{R_W} = \frac{12V - 0.7V}{1.5k\Omega} = 7.5mA$$

② 求 I_c 。

$$I_c = \beta I_b = 50 \times 7.5mA = 375mA$$

③ 求 U_{ce} 。

$$\begin{aligned} U_{ce} &= U_O - I_c (R_D // R_J) \\ &= 5V - 375mA \times 10\Omega \\ &= 1.25V \end{aligned}$$

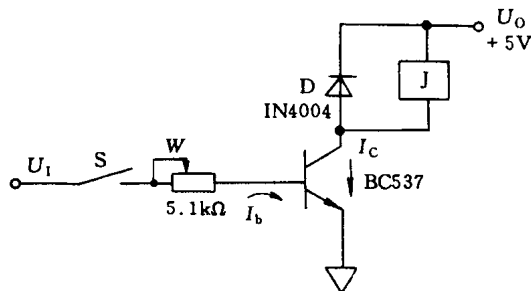


图 1-16 开关电路

D 正向偏置， $R_D = 10\Omega$ 。J 为 3V 直流继电器， $R_J = 1000\Omega$ 。通过计算可以分析出电路处于导通状态，并且继电器 J 吸合。当调节 W 阻值为 $5.1k\Omega$ 时，电路的状态应如何？计算如下。

① 求 I_b 。

$$I_b = \frac{U_I - U_{be}}{R_W} = \frac{12V - 0.7V}{5.1k\Omega} = 2.2mA$$

② 求 I_c 。

$$I_c = \beta I_b = 50 \times 2.2mA = 110mA$$

③ 求 U_{ce} 。

$$U_{ce} = U_O - I_c (R_D // R_J) = 5V - 110mA \times 10\Omega = 3.9V$$

通过计算可以得出电路不导通（负载电路），继电器不吸合。这个例子说明晶体三极管基极电流受控制而使集电极电流导通或截止，既有放大电流作用，又起开关作用，还可以进行比例控制。

8. 单结晶体管

单结晶体管是只有一个 P-N 结的三个电极即发射极 (E) 和两个基极 (B_1 、 B_2)，也称作双基极晶体管，其符号与管脚如图 1-17 所示。用 BT 表示单结管。图 1-18 是单结晶体管等效电路。PN 结具有单向导电性能，用二极管 D 来代替。PN 结距两基极的距离不同，等效电阻也不同，分别用 R_{B_1} 和 R_{B_2} 来表示。在两基极 B_1 和 B_2 上加上电压 U_{BB} ，则该电压在 R_{B_1} 和 R_{B_2} 电阻上的分压比 $\eta = \frac{R_{B_1}}{R_{B_1} + R_{B_2}}$ ，常用 η 在 0.3~0.9 之间。发射极电压为 U_E 。单结晶体管工作过程由发射极电压 U_E 控制，当 $U_E < U_C$ 时，二极管 D 处于反向偏置，单结管处于高阻状态；当 $U_E > U_C$ 时，二极管处于正向偏置导通，单结管处于负阻区，这时发射极电流上升，峰点电压 U_p 达到临界点。由于 $R_{B_2} \gg R_{B_1}$ （制造工艺保证）使得 U_C 下降，形成正反馈，也就形成了负阻区。当发射极电流上升到谷点电流临界点， U_C 下降到谷点电压临界点时，单结管就进入了饱和区，呈现出低阻状态。振荡电路就是利用单结晶体管这种特性产生脉冲，形成触发控制电路。

9. 可控硅

可控硅为四层三端器件，由三个 P-N 结和三个电极构成，其结构和符号如图 1-19 所示。其中 A 为阳极，C 为阴极，G 为控制极。常用字母 SCR 来表示。

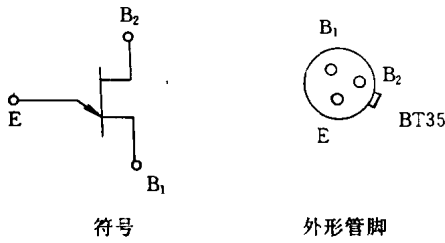


图 1-17 单结管符号与管脚

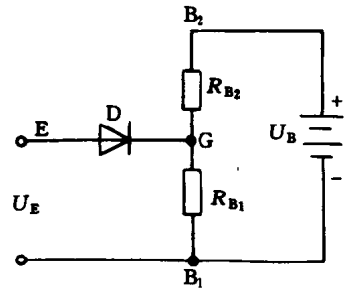


图 1-18 单结管等效电路

可控硅的工作原理可由等效电路来模拟。可控硅可以等效于由一个 PNP 和一个 NPN 型三极管组成，中间两层半导体为两只三极管共用，阳极 A 是 PNP 三极管的发射极，阴极 C 和控制极 G 分别为 NPN 三极管的发射极和基极。图 1-20 是可控硅原理分析电路，当可控硅加上正向阳极电压 U_E 时，NPN 三极管 BG_1 和 PNP 管 BG_2 都承受正向电压，处于正向偏置状态。两管的放大系数分别为 β_1 、 β_2 。由于没有输入信号，可控硅不导通。若在控制极 G 与阴极 C 之间加上一个正向触发电压 U_C ，接通控制极就会产生 I_g ，对 BG_1 产生基极电流，使 BG_1 进入放大状态，在集电极产生 I_{e1} ($\beta_1 I_g$) 输出。此输出电流又送往 BG_2 的基极，形成 BG_2 的基极电流，使 BG_2 也进入放大状态，在 BG_2 的集电极产生 I_{e2} ($\beta_2 \beta_1 I_g$) 电流输出。此电流又送往 BG_1 的基极，再次进行放大，这样依次循环，直至可控硅完全导通。这个导通过程是在极短的时间内完成。所以，当可控硅阳极加上正向电压后，控制极加上正向触发电压，可控硅即刻导通。可控硅一经导通后，由于 BG_1 基极有循环的比触发电流大得多的电流流过，所以即使控制极触发电压消失，可控硅仍然继续工作，处于导通状态，这就是可控硅的维持导通特性。如果把 U_E 的极性反接，此时两个三极管都承受反向电压，不具备放大条件。无论控制极有无触发电压，可控硅始终处于截止状态。这是可控硅具有反向阻断能力的特性。

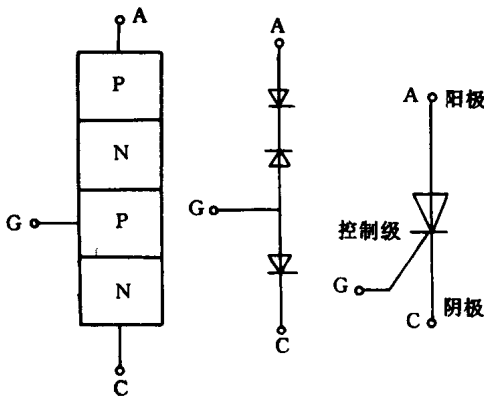


图 1-19 可控硅的结构与符号

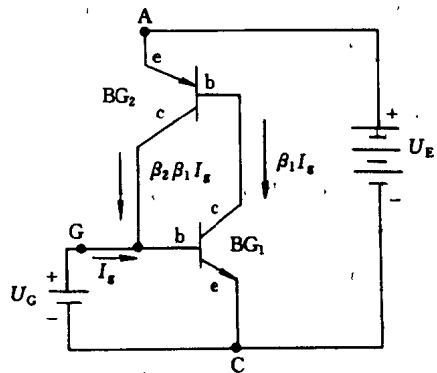


图 1-20 可控硅原理分析

二、电子电路分析

从图 1-1 综合电子电路组成来看，它由电源电路、开关电路和振荡电路组成，现就具体

电路分析如下，为电路的设计、应用和研制提供依据和经验数据。

(一) 电源电路分析

电源电路涉及变压器变压、桥式整流、电容器滤波、稳压器稳压、LED 发光二极管显示电路。这些基本电路构成了电源电路。其参数计算如下。

1. 变压器设计

① 变压器初、次级电压比就等于它们的匝数比。

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = N$$

式中 N ——匝数比。

② 若不考虑变压器损耗，初级输入的电力等于次级输出的电力。

$$U_1 I_1 = U_2 I_2$$

③ 结合经验公式确定电压和电流。

变压器次级电压 = (电路需要电压 + 3)V

变压器次级电流 = (电路需要电流 × 1.7)A

电路中次级电压 8V，次级电流 0.6A，初级输入电压 220V。设计时，按上述规则求出匝数比 N 。变压器初级电压 220V，次级电压是 $(8V + 3V) = 11V$ ， $N = 20$ 。电流计算是：次级电流 $0.6A \times 1.7 = 1.02A$ ，初级电流 $I_1 = I_2 / N = 0.051A$ 。

计算出变压器初级电流，就可以算出输入回路保险器保险容量，按额定电流的 2 ~ 2.5 倍选取。

2. 整流二极管耐压值选择

整流二极管与变压器次级抽头相连接组成整流器，实际二极管承受最大峰值电压就是变压器次级电压。应按下列公式计算。

$$U_{ked} = (2 \sim 3) U_2$$

$$I_T = (1.5 \sim 2) K_{fb} I_2$$

式中 K_{fb} ——通态平均电流计算系数，单相半波电阻负载 $K_{fb} = 1$ ，单相桥式电阻负载

$$K_{fb} = 0.5;$$

U_{ked} ——整流元件额定电压；

I_T ——整流元件额定电流。

电路中二极管耐压值

$$U_{ked} = (2 \sim 3) U_2 = 3 \times 11V = 33V$$

$$I_T = (1.5 \sim 2) K_{fb} I_2 = 2 \times 0.5 \times 1.02A = 1.02A$$

可选耐压 50V，电流 1A 的二极管。

3. 电解电容器

滤波电路中，输出波形平直程度和电容 C 的放电时间常数 $\tau = R_L C$ 有关系。一般只要取 $R_L C \geq (3 \sim 5) T/2$ (T 是交流电压周期)。电容器耐压值由以下经验公式得出。

$$U_C = (1.1 \sim 1.4) U_2$$

$$C = I_2 (1500 \sim 2200 \mu F)$$

式中 U_C ——电容端耐压值；

U_2 ——变压器次级电压值；