

普通高等教育印刷工程类规划教材

本科

印刷设备电路 与控制

杨皋 张长峰 主编



印刷工业出版社

TS 803
95-22

4462

印刷设备电路与控制

主编 杨皋 张长锋

主审 董世铎

印刷工业出版社

内 容 提 要

DA31/24

本书是高等学校印刷技术专业(本科)用统编教材之一,全书内容分为五章:第一、二、三章论述了印刷中常用电器与控制原理;第四章为印刷制版中常用电光源电路,介绍了印刷制版中常用的几种激光器电源电路;第五章为整机电气系统分析,内容涉及制版、印刷和印后加工等设备电路与控制。

全书内容系统完整,理论联系实际。除作为大专院校教材外,还可供从事印刷电气维修的技术人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

印刷设备电路与控制/杨皋,张长锋主编;贺素良编著. —北京:印刷工业出版社,1998.9
ISBN 7-80000-261-6

I. 印… II. ①杨…②张…③贺… III. ①印刷-设备-电路-高等学校-教材②印刷-设备-控制-高等学校-教材 IV. TS803

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 18056 号

印刷设备电路与控制

杨皋 张长锋 主编

*

印刷工业出版社出版发行

北京市复外翠微路 2 号 邮政编码:100036

三河市印刷厂

各地新华书店经售

787×1092 毫米 1/16 印张:11.5 字数:294 千字

1998 年 9 月第 1 版 1998 年 9 月第 1 次印刷

印数:1-5000 册 定价:18.5 元

全国高等学校印刷工程类教材编审委员会

主 任：周兴华

副主任：董明达 谢普南 邹毓俊

委 员：(按姓氏笔画排序)

左立民 冯瑞乾 孙兆喜

刘 真 杨 皋 庞多益

陈振康 黄祖兴 廉 洁

魏瑞玲

顾 问：郑德琛 高永清

前 言

为了贯彻《中国教育改革和发展纲要》有关精神，适应印刷高等教育和科技发展的形势，加强课程和教材建设，努力提高教学质量，根据国家教委高教司下达的高等院校专业规划教材编写任务，国家新闻出版署于一九九二年正式成立了高等学校印刷工程类专业教材编审委员会，负责组织编写出版高等学校印刷工程类各专业全套规划教材。

高等学校教材是体现教学内容和教学方法的知识载体，是进行教学的基本工具，也是深化教学改革、提高教学质量的重要保证。因此，搞好印刷专业教材建设，对提高专业教学质量，培养合格专业人才将起到促进作用。

为了编写好专业教材，编著者及编委在编审过程中努力提高教材的思想性、科学性和先进性，抓住课程基本内容，即基本概念、基本原理和基本技能，处理好课程的知识结构和科学体系；既要反映现代科技成就，又要结合我国国情；紧密结合教学改革和课程建设、学科建设的实际，充分反映教学内容改革的新成果；注意教材在教学上的适用性和启发性；在学术上实行不同学派、不同学术观点、不同风格特色的“百家争鸣”的方针，活跃学术气氛，促进科技进步。教材的编写将按照国家教委正式审定的专业设置、培养目标、课程设置及其教学基本要求有计划地进行，力求形成一完整体系。

高等学校印刷工程类专业教材编写尚缺乏经验，各校在使用本教材时，可结合各自实际进行教学，同时恳切希望对教材不足之处提出宝贵的意见和建议，使我们编写出的教材成为具有中国特色的，适应我国社会主义现代化建设和高等印刷教育事业发展的，反映现代印刷科学技术及相关学科先进水平的专业教材。

国家新闻出版署高等学校印刷
工程类教材编审委员会

一九九五年六月二十三日

目 录

第一章 印刷设备常用低压电器	(1)
第一节 印刷设备常用低压电器的命名与分类.....	(1)
一、低压电器的分类.....	(1)
二、低压电器型号命名编制说明.....	(1)
第二节 自动控制电器.....	(3)
一、无触点开关.....	(3)
二、电流继电器.....	(11)
三、速度继电器.....	(12)
四、压力式温度继电器.....	(13)
五、晶体管时间继电器.....	(13)
第二章 印刷设备中常用电机与控制	(17)
第一节 直流电动机.....	(17)
一、直流电动机的结构与工作原理.....	(17)
二、直流电动机的分类及其特性.....	(18)
三、直流电动机的起动与调速.....	(20)
第二节 三相交流整流子式电动机.....	(25)
一、整流子式电动机结构与工作原理.....	(25)
二、整流子式电动机的起动与调速.....	(26)
第三节 电磁调速异步电动机(滑差电机).....	(27)
一、电磁调速异步电动机结构与工作原理.....	(28)
二、电磁调速异步电动机的起动与调速.....	(30)
第四节 印刷设备中常用的特种电动机.....	(34)
一、步进电动机.....	(34)
二、伺服电动机.....	(38)
三、测速发电机.....	(41)
第三章 印刷设备中常用的控制电路	(44)
第一节 基本控制电路.....	(44)
一、时间控制电路.....	(44)
二、速度控制电路.....	(45)
三、行程控制电路.....	(45)
四、电流控制电路.....	(46)
第二节 顺序控制器.....	(47)
一、矩阵式顺序控制器.....	(47)
二、可编程序控制器—PC.....	(51)

第三节 输纸控制电路	(62)
一、全张自动输纸器控制电路	(62)
二、对开输纸器控制电路	(65)
第四节 纸张检测控制电路	(70)
一、单张纸检测控制电路	(70)
二、卷筒纸检测控制电路	(80)
第五节 纸张张力控制电路	(82)
一、张力控制系统概述	(82)
二、电器控制系统	(83)
第四章 印刷制版中常用光源电路	(89)
第一节 印刷制版常用电光源电路	(89)
一、氙灯电路	(89)
二、镝灯电路	(92)
第二节 印刷制版中常用激光器电源电路	(92)
一、氦氖(He-Ne)激光器电源电路	(92)
二、氩离子(Ar ⁺)激光器电源电路	(93)
三、二氧化碳(CO ₂)激光器电源电路	(95)
四、固体激光器电源电路	(95)
第五章 常用机型典型电路分析	(99)
第一节 SBF-1000 翻转式晒版机电路	(99)
一、曝光系统控制电路	(99)
二、抽气系统控制电路	(100)
第二节 J2108A 型对开单色胶印机控制电路	(101)
一、主电路原理	(101)
二、控制电路原理与操作	(102)
第三节 PZ4880-01A 型对开四色胶印机电路	(108)
一、PZ4880-01A 中 PC 的基本符号和指令	(108)
二、主机驱动电路	(112)
三、控制电路原理与操作	(113)
第四节 PDQ-02A 型骑马联动订书机控制电路	(149)
一、主传动部分	(149)
二、书帖检测自动控制装置	(151)
三、三面刀切纸机出书计数器	(155)
附录 1	(157)
附录 2	(163)
附录 3	(167)
附录 4	(171)
附录 5	(172)
编者说明	(173)
参考文献	(174)

第一章 印刷设备常用低压电器

印刷设备常将低压电器用于电机的起动、控制、调节、保护等电路中。特别是在自动化印刷机械中，低压电器作为自动控制工具起着很大的作用。例如：自动化印刷机，都是采用低压电器来实现自动进纸、压印、检测、调节机速等动作的。

第一节 印刷设备常用低压电器的命名与分类

一、低压电器的分类

低压电器是指用于交直流电压为 1200V 及以下的电路中，起通断、保护、控制或调节作用的电器。用于印刷工业的低压电器品种较多，用途广泛。低压电器按照它所控制的对象，可分为低压控制电器和低压配电电器。

低压控制电器主要用于印刷机械电力传动系统中。传动系统的电器应具备工作准时可靠、操作频率高、寿命长、尺寸小及便于维护等特点。这类电器有继电器、接触器、行程开关、变阻器、电磁铁等。

低压配电电器主要用于配电室及印刷车间的低压配电系统及动力装备中。配电系统对电器的要求是在有故障的情况下工作可靠，有足够的热稳定性和电动稳定性。这类电器有刀开关、自动开关、熔断器等。

低压电器按它的动作性质，可分为自动切换电器和非自动切换电器。

自动切换电器是指它完成接通、分断、起动、反向和停止等动作，是依赖它本身参数的变化或外来的电信号自动进行或完成的，而不是由人工直接操作，例如自动开关、接触器等。

非自动电器又称手动电器，它主要是用手直接操作来进行切换的，例如刀开关、转换开关、主令电器等。

二、低压电器型号命名编制说明

低压电器产品型号的编制，适用于下列 12 类产品：刀开关、转换开关、熔断器、自动开关、控制器、接触器、控制继电器、主令电器、电阻器、变阻器、调整器、电磁铁。

低压电器产品型号编制法有以下要点：

①产品型号一律采用汉语拼音字母及阿拉伯数字编制；

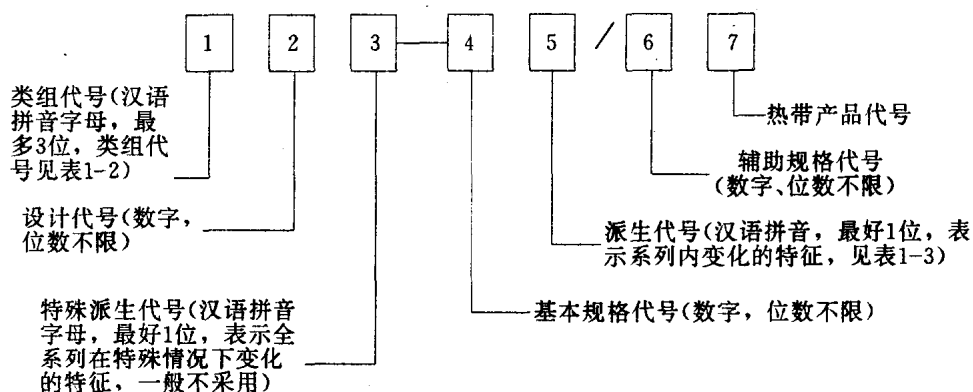
②每一产品型号系指一种类型的产品，但可以包括该产品的若干派生系列。产品全型号是在产品型号之后，附加其规格（如电流、电压或容量数值等）以及其它数字或字母，以确定某一产品的主要规格及其派生特征；

③类组代号与设计序号的组合，表示产品的系列。

低压电器全型号表示方法如表 1-1 所列：

表 1-1

低压电器全型号表示法



低压电器产品型号类组见表 1-2, 通用派生字母代号见表 1-3。

表 1-2

低压电器产品型号分类组表

代号	名称	A	B	C	D	G	H	J	K	L	M	P	Q	R	S	T	U	W	X	Y	Z
H	刀开关和转换开关				刀开关	封闭式负载开关	开启式负载开关							熔断器式刀开关	刀形转换开关					其它	组合开关
R	熔断器			插入式		汇流排式				螺旋式	封闭式管式				快速	有填料管式			限流	其它	
D	自动开关									照明灭磁					快速			万能式	限流	其它	装置式
K	控制器				鼓形						平面					凸轮				其它	
C	接触器				高压		交流				中频				时间					其它	直流
Q	起动器	按钮式		磁力式			减压								手动		油浸		星三角	其它	综合
J	控制继电器									电流				热	时间	通用		温度		其它	中间
L	主令电器	按钮							主令控制器						主令开关	足踏开关	旋钮	万能转换开关	行程开关	其它	
Z	电阻器		板型元件	冲片元件	管形元件										烧结元件	铸铁元件			电阻器	其它	
B	变阻器			旋臂式						励磁		频敏	起动		石墨	起动调速	油浸起动	液体起动	滑线式	其它	
T	调整器				电压																
M	电磁铁											牵引						起重			制动
A	其它		保护器	插销	灯		接线盒			铃											

表 1-3

通用派生代号表

派生字母	代表意义
A、B、C、D……	结构设计稍有改进或变化
J	交流、防溅式
Z	直流、自动复位、防震、重任务
W	无灭弧装置
N	可逆
S	有锁住机构、手动复位、防水式、三相、三个电源、双线圈
P	电磁复位、防滴式、单相、两个电源、电压
K	开启式
H	保护式、带缓冲装置
M	密封式、灭磁
Q	防尘式、手车式
L	电流式
F	高返回、带分励脱扣

低压电器型号举例说明：

(1) HD13-600/31。HD 表示单投刀开关，13 表示设计代号，说明是侧方正面操作机构式，600 表示额定电流为 600A，31 中 3 表示为 3 极，1 表示为带灭弧罩。全型号代表名称为：3 极侧方正面操作单投刀开关，其额定电流为 600A，带有灭弧罩。

(2) CZ0-100/20。CZ 表示直流接触器，0 表示设计代号，100 表示额定电流为 100A，20 中的 2 表示带有两个常开主触头，0 表示没有常闭主触头。全型号代表名称为：100A 直流接触器，带有两个常开主触头。

(3) CJB12-150。CJ 表示交流接触器，12 表示设计代号，B 表示灭弧方式采用栅片（CJ12 原灭弧方式采用磁吹，现在灭弧方式改用栅片，说明结构设计稍有变化，为了与 CJ12 有所区别就加用派生代号 B），150 表示额定电流为 150A，全型号代表名称为：150A 交流接触器，采用栅片灭弧。

(4) JZ3-44JS/1。JZ 表示中间继电器，3 表示设计代号，44 表示触头组合形式为 4 常开与 4 常闭，JS 为派生代号，J 表示交流线圈，S 表示带有保持线圈，1 表示敞开式板前安装。全型号代表名称为：交流中间继电器，触头为 4 常开 4 常闭，带有保持线圈，敞开式板前安装。

第二节 自动控制电器

自动控制电器是按照信号或某个物理量的变化自动动作的。自动控制电器的种类很多，这里仅介绍几种印刷设备中常用的自动控制电器：如无触点开关、电流继电器、速度继电器、压力式温度继电器和晶体管时间继电器。

一、无触点开关

刀开关、按钮开关是开关，继电器、接触器等电器实际上也是一种开关，它可按照生产

过程的要求控制它们接通或断开电路，达到自动控制和自动保护的目的。这一类带触点开关电器的优点是动作可靠、机械强度好、开关特性稳定，但是，它们也存在一系列缺点：如动作速度慢、消耗功率多、灵敏度较低、体积较大和机械部分容易磨损等。

晶体管不仅有放大的作用，也具有开关特性，可以利用晶体管做成无触点开关。无触点开关有许多突出的优点：动作速度快、消耗功率少、灵敏度高、体积小重量轻而且没有机械磨损。

在晶体管开关电路中，传送的控制信号都是电信号。开关电路所研究的问题，主要是用什么样的方法和电路来产生、变换、传递、放大和测量各种信号。因此开关电路又叫脉冲电路，它广泛应用于生产过程的自动控制和遥测遥控等。

1. 晶体管的开关特性。二极管具有单向导电性，即当二极管加正向电压时，二极管导通；加反向电压时，二极管截止，所以二极管是一种无触点开关。

三极管有三种工作状态：饱和、截止和放大。三极管应用于脉冲电路时，若三极管在饱和状态下工作，管压降很小，相当于开关接通；若三极管处于截止状态时，电源电压基本上降在集电极之间，阻抗很高，相当于开关断开；在由通到断的转换过程中管子工作于放大状态。三极管开关由通到断（或由断到通）的转换异常迅速，因此利用三极管作开关可以获得边沿很陡直的脉冲信号。

光电二极管、光电三极管是利用半导体材料的电学特性，即受光照后发生变化的原理，利用光电效应制成的。

光敏二极管的结构与一般二极管相似，装在透明玻璃外壳中，如图 1-1a 所示，它的 PN 结装在管顶，可直接受光照射，光敏二极管在电路中一般处于反向工作状态，如图 1-1b 所示。

光敏二极管工作时通常处于反向偏压状态，当无光照射时，二极管截止，电路中仅有 PN 结的反向漏电流，常称为暗电流；有光入射时，PN 结附近受光子冲击，吸收光子的能量产生电子-空穴对，使载流子能量增加，形成光电流。它的导电能力完全取决于光照，如果入射光照度变化，光生电子-空穴对的浓度也相应变动，通过外电路的电流也随之变动，光敏二极管将光信号转换为电信号输出。

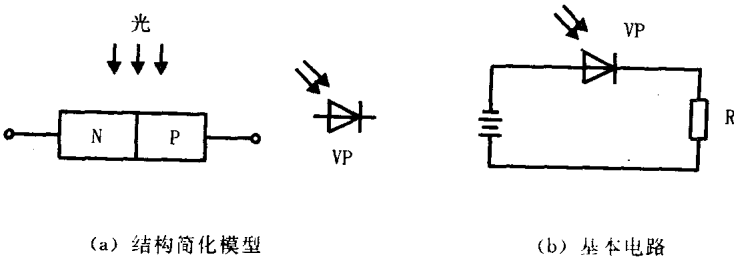


图 1-1 光敏二极管简化模型和基本电路

光敏三极管的内部结构与普通三极管接近，也分成三个区：即发射区、基区和集电区。发射区和集电区均有电极引出，一般基极不引线。图 1-2 所示为 NPN 型三极管的结构简化模型和基本电路。当基极开路时，集电结反偏，当光照射到集电结附近的基区时，在 PN 结附近产生电子-空穴对，它们在内电场作用下作定向运动形成光电流。由于产生的光电流相当于一般三极管的基极电流，因此集电极输出的光电流被放大了 $(\beta+1)$ 倍，形成了电流 I ，从而使光敏三极管具有比光敏二极管更高的灵敏度。但光敏三极管的暗电流也较大。

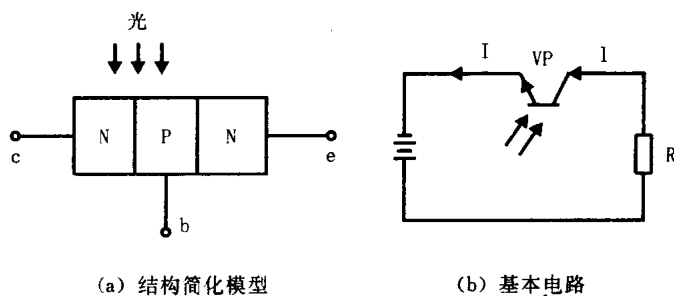


图 1-2 NPN 型光敏三极管简化模型和基本电路

光敏二极管和三极管的基本特性很多，如光谱特性、伏安特性、温度特性等，这里仅介绍其光照特性。图 1-3 为硅光敏管的光照特性曲线。从图中可以看出，光敏二极管的光照特性曲线线性比较好，而三极管在照度较小时，光电流随照度增加较小，而在大电流（光照度为几千勒克斯）时出现饱和现象（图中未画出），因为三极管的电流放大倍数在小电流和大电流时都要下降。

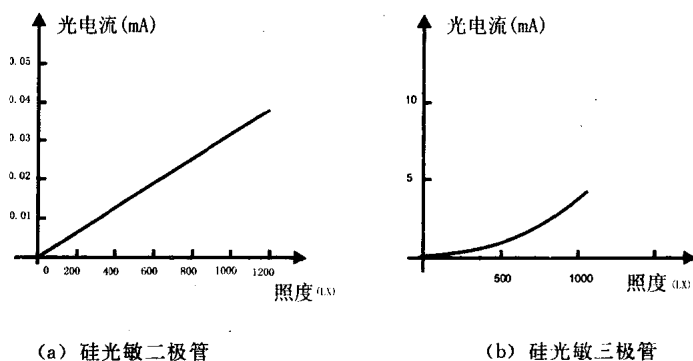


图 1-3 硅光敏管的光照特性曲线

光敏二极管、光敏三极管主要用于光电检测和光电控制方面。

2. 晶体管无触点开关—反相器。晶体管反相器是一种很简单的无触点开关。图 1-4 是晶体管反相器的工作原理图，图 1-4a 是基本电路，图 1-4b 是输入、输出波形。

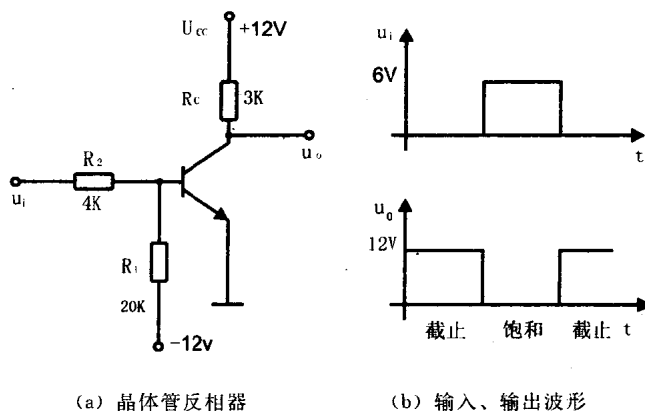


图 1-4 晶体管反相器的工作原理

当无输入信号（即输入端为零电位）时，晶体管截止，输出端电位接近 U_{cc} ，这时相当于开关断开的情况。

当输入端加上信号（例如为 $+6V$ ）时，晶体管处于饱和状态，输出端电位近似为零，电源电压几乎全部降在 R_c 上。这时相当于开关接通的情况。

由此可见，晶体管输入端状态和输出端状态刚好相反：输入为高电位时，输出为低电位；输入为低电位时，输出为高电位；所以可称之为反相器。又因为它相当于一个没有机械触点的开关，所以属于无触点开关。

图 1-4a 中的 R_c 是集电极负载电阻，若直接以继电器代替，就构成了晶体管继电器，如图 1-5 所示。图中 S 表示传递信号源，如光敏元件、热敏元件等。依据信号源的不同，可以做成各种性能的继电器，如光电继电器、时间继电器、温度继电器等。当 S 闭合时，通过 R_B 供给晶体管 V 足够的电流使其饱和导通，继电器 KA 动作。若信号源接点 S 断开， V 截止， KA 释放。二极管 VD 的作用是，当晶体管截止时，为继电器 KA 绕组中的感应电流提供一条回路，避免绕组上产生过大的感应电势。 VD_1 的作用也是防止晶体管截止时，基极-发射极承受过大的反向电压而损坏。

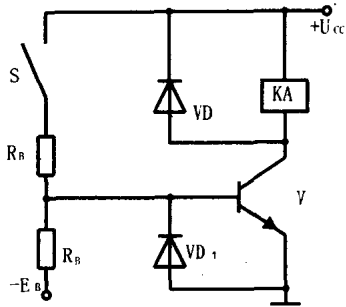


图 1-5 晶体管继电器原理图

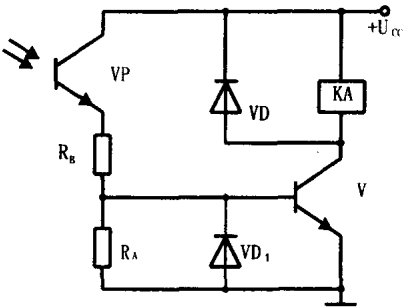


图 1-6 光电继电器

印刷设备中光电继电器应用很多，简单的光电继电器如图 1-6 所示。图中所示电路以光电三极管接收光信号。当无光照或光照很微弱时，光电管 VP 只有暗电流存在，管阻很大，使晶体管 V 的基极电流和集电极电流均很小，继电器得不到足够的驱动电流。一旦光照出现，光电流使 VP 管阻变得很小， V 的基极电流明显增大，使继电器动作。由此可见，继电器的动作完全由光信号控制，因此称为光电继电器。

3. 接近开关。现在应用较多的接近开关，是以晶体管振荡器为核心组成的无触点开关，这种开关是当铁磁体靠近（无须接触）它的晶体管振荡器的空间磁场时，在铁磁体内部产生涡流，消耗振荡能量，使振荡减弱，直至最后停止振荡；而当铁磁体离开后，晶体管振荡器重新恢复振荡，即由振荡器是否振荡反映铁磁挡块是否接近开关。接近开关具有反应迅速、定位精确、寿命长以及没有机械碰撞等优点。目前已被广泛应用于行程控制、定位控制以及各种安全保护控制等方面。

图 1-7 是某种接近开关的电路，它是由 LC 振荡电路、开关电路及射极输出器三部分组成。由 V_1 组成振荡器，其中 L_2 、 C_2 组成选频电路， L_1 是反馈线圈， L_3 是输出线圈，这三个线圈绕在同一磁芯上，如图 1-7a 所示。

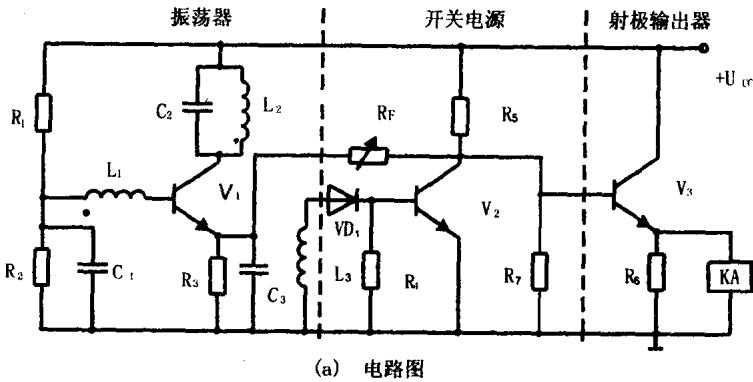
当铁磁体没有靠近开关的感应头时，振荡电路维持振荡， L_3 上有交流输出，经二极管 VD_1

整流后使 V_2 获得足够偏流而工作于饱和导通状态, 此时 $U_{ce2} \approx 0$, V_3 截止, 射极输出器无输出, 接在输出端的继电器 KA 不通电。

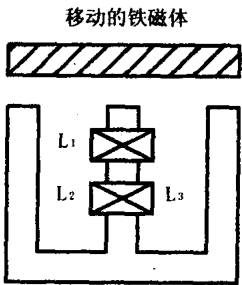
当铁磁体接近感应头时, 铁磁体感应产生涡流, 由于涡流的去磁作用, 削弱 L_1 与 L_2 之间的耦合, 使得反馈量不足以维持振荡, 因而振荡器被迫停振, L_3 上无交流输出, V_2 截止, 若 $R_7 \gg R_5$, 此时 $U_{ce2} \approx U_{cc}$, 射极输出器输出也接近 U_{cc} , 使继电器 KA 通电动作。

图 1-7c 是接近开关动合触点的符号。

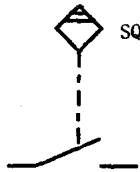
V_3 采用射极输出, 是为了提高带负载能力。 R_F 为正反馈电阻, 当电路停振时, 通过它把 V_2 的集电极电压反馈一部分到 V_1 的发射极, 使发射极电位提高, 以保证振荡电路迅速而可靠的停振, 而当电路起振时, $U_{ce2} = 0$, 无反馈电压, 使振荡电路迅速恢复振荡, 使开关的动作更为迅速和准确。



(a) 电路图



(b) 感应头



(c) 接近开关动合触点符号

图 1-7 晶体管接近开关

4. 集-基耦合双稳态触发器。 晶体管反相器虽然有开关特性, 但是在它的翻转过程中, (由截止到饱和导通或由饱和导通到截止), 存在一个过渡性质的放大工作状态, 这时无法确定它是处于“开”还是“关”的状态。这里我们介绍一种可以有效减小中间状态的集-基极耦合双稳态触发器。

把两个反相器电路交叉耦合起来, 加上公用的发射极电阻, 便可构成这样一个触发器, 如图 1-8 所示, 晶体管 V_1 的集电极输出电压通过电阻 R_2 耦合到晶体管 V_2 的基极, 同样 V_2 的集电极输出电压通过又一个电阻 R_2 耦合到晶体管 V_1 的基极。所以这是一个集-基耦合的反馈电路。由于电路是对称的, 人们可能认为两个晶体管工作状态相同, 其实由于交叉耦合正反馈的结果, 电路产生不平衡, 将使电路突变到一个管子饱和, 另一个管子截止。假定电源刚

加上时, V_2 比 V_1 导通强一点, 则会由于 V_{C2} 低一些, V_{b1} 也低一些, 从而使 V_1 趋向截止。 V_1 趋向截止, V_2 进一步导通, 又会使 V_{C2} 进一步降低, V_{b1} 进一步降低, V_1 更加截止。这一过程一直到 V_2 饱和, V_1 截止时才结束, 这是电路的一个稳态。当然电路也可能进入另一个稳态: V_1 饱和导通, V_2 截止。

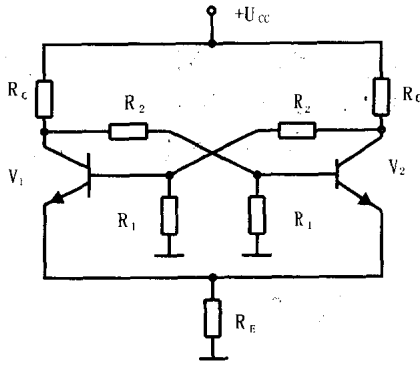


图 1-8 集-基耦合双稳态触发器

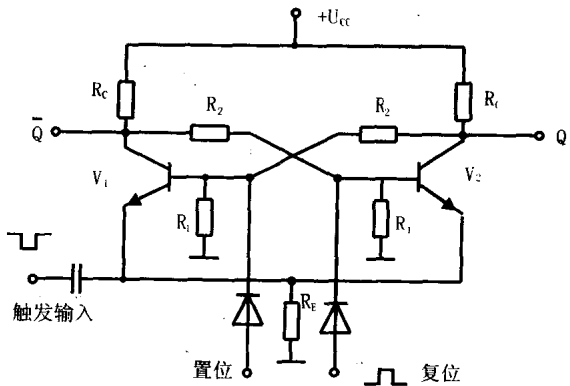


图 1-9 具有计数、置位、复位功能的触发器

由于该电路构成交叉耦合的正反馈, 这两种状态转换 (即由饱和到截止, 或由截止到饱和) 的过程十分迅速, 可视为“突变”, 这样该电路更近似为无触点开关电路。

双稳态触发器状态的改变是通过触发电路来实现的, 常用的触发方式有两类: 一类称为置位复位方式, 它可以使触发器预置, 即置 0 或置 1, 而不管触发器原来状态如何; 另一类称为计数触发方式, 每来一个输入信号, 电路的状态就翻转一次。这类触发方式的电路如图 1-9 所示。采用计数输入触发时, 只用一个触发信号 (负脉冲) 去控制触发器工作, 当 V_1 截止时, 负脉冲就自动加到 V_1 的发射极, 使触发器翻转。而当 V_2 截止时, 负脉冲将自动使 V_2 翻转。

置位和复位触发器的工作原理也是迫使截止管导通, 但输入信号是分别加到相应三极管基极上。假定 $Q=0$, 即 V_2 导通, V_1 截止。在置位端加一正脉冲, 其幅度足够大, 能克服 V_1 的反向偏置, 则 V_1 导通, V_2 截止, 使 $Q=1$; 同理, 在复位端加一正脉冲信号, 可使 $Q=0$ 。

集-基耦合双稳态触发器电路形式有多种, 其原理和功能类似, 这里不再一一介绍。

由于集成触发器的广泛应用, 现已很少使用由分立元件组成的双稳态触发器。对于早期生产的印刷设备, 如 PDQ-02A 骑马联动订书机的测书控制装置和出书计数器仍由集-基耦合双稳态触发器构成顺序寄存器和计数器。

5. 固态继电器。 固态继电器 (SSR) 是采用固体元件组装成的一种无触点开关器件, 是 80 年代进入实用阶段的一种新技术产品, 是用小的电气信号控制大功率交直流负载的一种新型电子开关, 具有体积小、无火花、无噪音、无污染、无电磁干扰、开关速度快、稳定性好、可靠性高、输出输入完全隔离、抗干扰能力强等突出优点, 并具有抗震、防潮、耐腐蚀和防暴能力。另外, 它与 TTL, CMOS 等数字集成电路、运算放大器以及计算机的接口都很简单, 这是电磁式继电器所无法比拟的。在进口的印刷设备中, 这种继电器应用很多。随着半导体技术的发展, 固态继电器的性能不断提高价格逐渐降低, 它的应用必定会越来越广泛。

固态继电器按负载电源类型可分为交流 (AC-SSR) 和直流 (DC-SSR) 两类, 现分述其工作原理。

(1) 直流固态继电器 (DC-SSR)。直流型 SSR 多为四端型 SSR，四端型是指有两个输入端，两个输出端。这是近年发展起来的多用途开关。图 1-10 是这种 SSR 的原理框图，继电器输入端仅要求很小的控制电流，输出用于直流大功率控制场合。

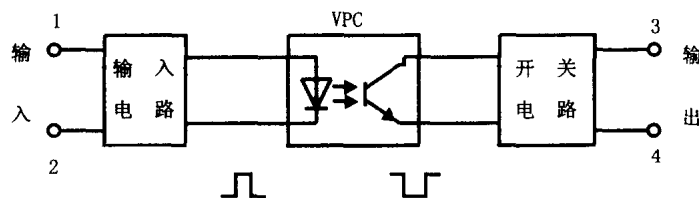


图 1-10 DC-SSR 原理框图

图中 VPC 是光电耦合器，主要由发光二极管和光敏三极管两部分组成。它是把发光二极管和光敏元件装在一个密封的管壳内，以前者的引线作为输入端，以后者的引线作为输出端，构成光电耦合器。在这里光电耦合器是用于耦合脉冲信号的，当 VPC 输入低电平时，发光管和光敏管都截止，输出取高电平；当输入为高电平时，发光管导通，光敏管饱和，输出低电平。由于输入输出通过光信号，输出输入之间在电路上实现了隔离，因此 VPC 又叫光电隔离器。具体电路这里不作介绍。

(2) 交流固态继电器 (AC-SSR)。交流型 SSR 是用双向可控硅作为开关器件。双向可控硅可看作两个反向的单向可控硅做在同一硅片上，这种可控硅具有双向导通功能，它的通断情况由控制极决定，当控制极无信号时，可控硅阳极和阴极之间呈高阻状态，可控硅截止；而当阳极和阴极之间加上大于阈值的电压时，就可利用控制极电压来使管子导通。但需注意的是，当双向可控硅接着感性负载时，电流与电压间有一定的相位差，当电流为零时，电压可能不为零，且超过转换电压，使管子反向导通。故要可控硅能承受这种反向电压，并在回路中加 RC 网络加以吸收。

交流型 SSR 可分为过零型和随机导通型两种。对于随机型 SSR，在输入信号时，不管负载电源电压相位如何，负载端立即导通；而过零型必须在负载电源电压接近零且输入信号有效时，输出端负载电源才导通。而当输入端的控制电压撤消后，流过双向可控硅负载的电源电压为零时即关断。

工业自动控制系统中普遍采用的是过零触发型交流 SSR。它一般由信号输入电路、光电隔离、过零触发双向可控硅、RC 吸收电路组成。图 1-11 为这种 SSR 的原理电路（输入电路未画出）。

图中的 VPC 是一个以光控可控硅为输出器件的光电耦合器。它除了传递控制信号外，还具有隔离功能。光控可控硅依靠 $VD_1 \sim VD_4$ 通过整流从交流电源取得正向工作电压，使它在交流正、负两个半周内均处在待触发状态。 R_1 和 C_1 并联后接于可控硅的控制极，以削弱干扰的影响。

过零检测环节由 R_2 、 R_3 和晶体管 V 构成。这里所谓的“零”并非指交流电压为 0V 瞬时值，而是指 0V 附近的一个电压小区间，大约在 $\pm 10 \sim \pm 15V$ ，称为零区。若交流电压过大，落在零区之外，则由 R_2 、 R_3 分压后的电压可使三极管 V 饱和，把光控可控硅的控制极和阴极短路。此时即使输入端有正向电流使发光管发光，也无法使光控管导通。只有在交流电压经过零区时，V 才能因基极电压过低而近乎截止，使得光控管才有可能导通，向可控硅 VT 提供

触发电压。适当选择 R_2 和 R_3 的值可调整零区的范围。

电阻 R_4 为光控可控硅的限流电阻； R_5 为触发电阻，VT 依靠它取得触发脉冲； R_6 、 C_2 构成阻容吸收网络，用于 VT 的保护。

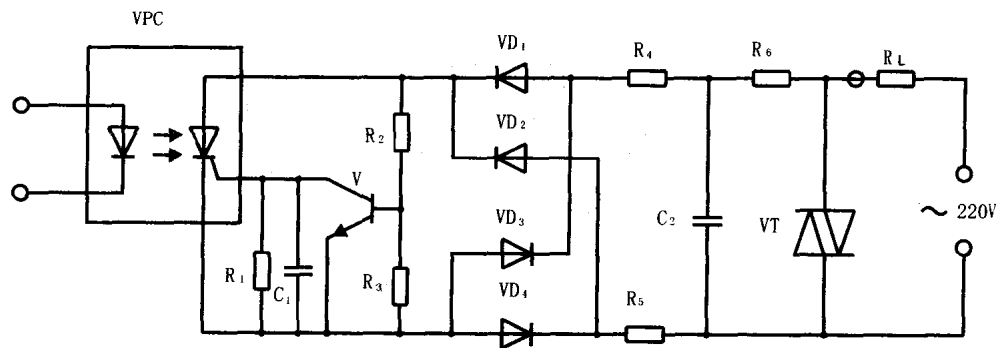


图 1-11 AC-SSR 的原理电路

当输入端出现信号时，一旦交流电压过零，光控可控硅即导通， R_5 上形成的电压马上触发 VT 导通，把负载 R_L 与交流电源接通。输入信号消失后，光控管即截止， R_5 上的触发电压随即消失，这样，待交流电压过零时，VT 因失去维持电流而关断，于是负载失电。它的工作波形如图 1-12 所示。

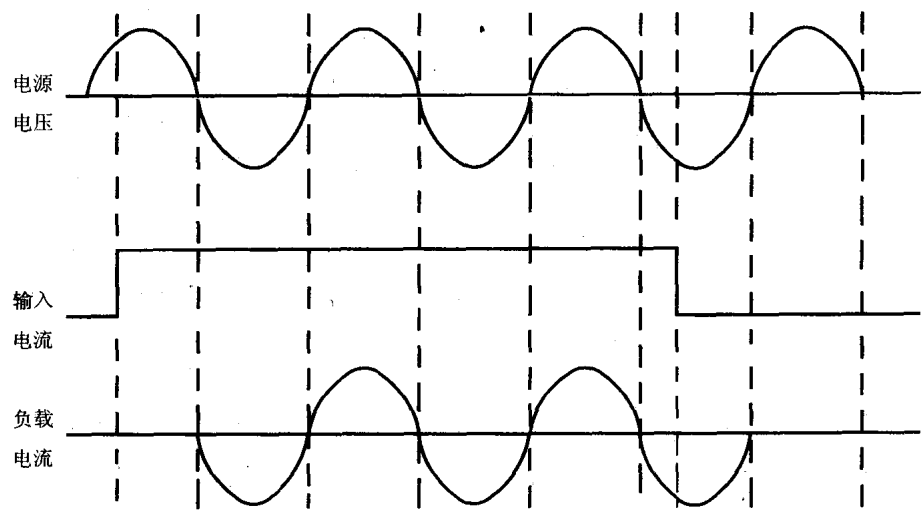


图 1-12 AC-SSR 的工作波形

以上介绍了几种无触点开关，它们实际上是由晶体管等组成的继电器，这种继电器适用于微弱的控制电流或无触点控制。但晶体管继电器也有它的缺点，即断通电阻比小（ $10^4 \sim 10^6$ ），抗干扰能力差，易受温度变化的影响，参数稳定性较差等。而这些正是电磁继电器的优点，为了发挥各自的特长，弥补自身的不足，目前常将它们结合使用，即用晶体管继电器作为感应元件，用有触点继电器作为执行元件，这种继电器称为混合式继电器。