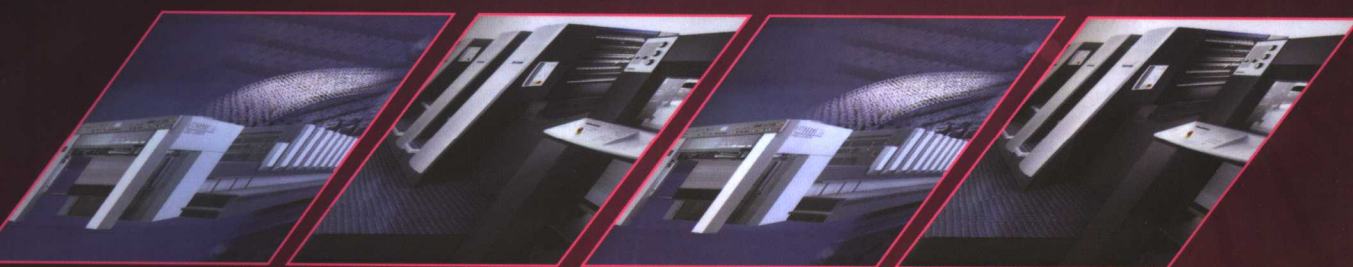




普通高等教育“十五”国家级规划教材

印刷设备电路与控制

杨 皋 主编
唐英杰 主审



化学工业出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

印刷设备电路与控制

杨 皋 主编

唐英杰 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是高等学校印刷工程类专业(本科)用规划教材,是教育部“十五”国家级规划教材。全书内容分为五章:第一、二、三章介绍了印刷中常用低压电器、各类传感器与各种控制电路原理;第四章为印刷中常用电光源电路及常用激光器电源电路;第五章为整机电气系统分析,内容涉及制版、印刷、印后加工等印刷设备电路与控制。

全书内容系统完整、重视理论联系实际。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/杨皋主编. —北京:化学工业出版社, 2006.5

普通高等教育“十五”国家级规划教材

ISBN 7-5025-8773-X

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 059298 号

普通高等教育“十五”国家级规划教材

印刷设备电路与控制

杨 皋 主编

唐英杰 主审

责任编辑:杨 菁

文字编辑:郭燕春

责任校对:陶燕华

封面设计:潘 峰

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

<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装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 14 字数 346 千字

2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8773-X

定 价: 26.00 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

序

教育部印刷工程专业教学指导分委员会精心选材、论证和筛选，共推荐并得到教育部批准 7 部普通高等教育“十五”国家级规划教材。《印刷设备电路与控制》是其中之一，该教材的正式出版，将为我国印刷工程及相关专业教育与人才培养起到积极的推动作用。

教育部印刷工程专业教学指导分委员会

前 言

为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需要,我们编写了这本教育部“十五”国家级规划教材。在现代印刷技术发展中,印刷业已发展成为集电子、光学、计算机、材料、机械等为一体的综合工程技术学科。特别是电气技术的应用,已成为衡量印刷业现代化水平的重要标志。随着现代化印刷技术的发展,印刷电气自动化程度也在不断提高。印刷中的电气控制对于提高生产效率和印品质量,显得愈来愈重要。

近几年来国内设有印刷工程(本科)专业的部分院校,特别是突出包装印刷方向的一些院校,为适应印刷业发展的需要,在教学中重视加强印刷中电气技术的应用,将印刷设备电路与控制内容从印刷设备课中独立出来,把“印刷设备电路与控制”作为印刷工程专业学生的一门专业技术课进行单独设课,并取得较好效果。

本课程是一门理论性与实践性都较强的专业技术课,其目的是使学生在学完了“电工与电子技术”、“微机原理与应用”、“印刷设备”、“印刷原理与工艺”等课程的基础上,进一步与印刷设备的电路与控制技术相结合。因此,在编写过程中既要保持本教材的系统性和完整性,又要在印刷设备电气控制中适当补充计算机控制技术、检测传感技术、变频调速技术等一些先进技术内容。同时也要注意与学生已学过的“电工与电子技术”课程的衔接,避免不必要的重复。

本书另一突出特点是加强了理论联系实际,针对非电专业的印刷工程专业学生,学习本课程的目的,不要求会进行电路设计与研究,也不是要求去亲自检测和修理电器故障,而是要求学生掌握印刷设备的维护保养知识,具有分析诊断电气故障的能力,指导或配合电器维修人员进行故障的排除。因此,在许多机型中都补充了设备的维护保养与故障诊断的内容。

本教材是在原普通高等教育印刷工程类(本科)规划教材《印刷设备电路与控制》的基础上进行补充修订。2002年由国家教育部批准已列入教育部“十五”国家级规划教材。该教材的编写大纲经印刷工程专业教学指导委员会第三次会议(2002年11月在武汉大学召开)审定通过。2005年6月印刷工程专业教学指导分委员会请专家审阅了书稿,并提出了宝贵意见。

全书共分五章,具体编写人员为:第一章、第二章由陈新副教授(博士)编写;第三章第三节、第四章、第五章第一节由杨皋教授编写;第三章第一、二节、第五章第二、三节由欧阳江林副教授编写;第三章第四、七节由王云峰编写;第三章第五、六节由陈鹏编写;第五章第四节由林朝荣编写。全书由杨皋担任主编、陈新、欧阳江林任副主编。另外王云峰老师、陈鹏老师、余正锋老师等参与了书中大量电路图的扫描绘制。

本书在编写过程中还得到株洲工学院院长张晓祺教授(博导)、副院长张昌凡教授(博士)的关心和支持。唐少炎副教授(博士)、李小东副教授(博士)提供有关资料并参与编写大纲的制订。本书在编写过程中还得到了许多印刷企业的热忱帮助,在此对他们表示诚挚的谢意。本教材的编写获得株洲工学院教材基金资助。

编者
2005 年

目 录

第一章 印刷设备中常用低压电器	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	10
三、速度继电器	11
四、压力式温度继电器	12
五、晶体管时间继电器	13
复习思考题	15
第二章 印刷设备中常用电机与控制	16
第一节 直流电动机	16
一、直流电动机的结构与工作原理	16
二、直流电动机的分类及其特性	17
三、直流电动机的起动与调速	19
第二节 三相交流整流子式电动机	23
一、整流子式电动机结构与工作原理	24
二、整流子式电动机的起动与调速	25
第三节 电磁调速异步电动机（滑差电机）	26
一、电磁调速异步电动机结构与工作原理	27
二、电磁调速异步电动机的起动与调速	28
第四节 变频调速电机	31
一、变频调速系统的特性与分类	31
二、PWM 型变频器工作原理	33
第五节 印刷设备中常用的特种电动机	38
一、步进电动机	38
二、伺服电动机	42
三、测速发电机	46
复习思考题	48
第三章 印刷设备中常用的控制电路	49
第一节 基本控制电路	49
一、时间控制电路	49
二、速度控制电路	50
三、行程控制电路	51

四、电流控制电路	51
第二节 顺序控制器	52
一、矩阵式顺序控制器	52
二、可编程序控制器——PC	55
第三节 输纸控制电路	66
一、全张自动输纸器控制电路	66
二、对开输纸器控制电路	69
第四节 纸张检测控制电路	74
一、单张纸检测控制电路	74
二、卷筒纸检测控制电路	84
第五节 水墨量控制电路	89
一、晶体管与晶闸管组成的控制电路	89
二、集成电路与晶闸管组成的控制电路	97
三、磁放大器组成的控制电路	102
第六节 纸张张力控制电路	108
一、张力控制系统概述	108
二、电位器作传感器的张力控制	110
三、负重传感器作反馈的张力控制	114
第七节 计算机印刷控制系统	117
一、海德堡胶印机 CPC 和 CP Tronic 系统	117
二、CPC 和 CP Tronic 的连接	120
复习思考题	121
第四章 印刷中常用电光源电路	123
第一节 印刷中常用电光源电路	123
一、氙灯电路	123
二、碘灯电路	126
第二节 印刷中常用激光器电源电路	126
一、氦氖 (He-Ne) 激光器电源电路	126
二、氩离子 (Ar ⁺) 激光器电源电路	127
三、二氧化碳 (CO ₂) 激光器电源电路	128
四、固体激光器电源电路	129
复习思考题	132
第五章 常用机型典型电路分析	133
第一节 J2108A 型对开单色胶印机控制电路	133
一、主电路原理	133
二、控制电路原理与操作	134
三、维护保养与故障诊断	140
第二节 PZ4880-01A 型对开四色胶印机电路	142
一、PZ4880-01A 中 PC 的基本符号和指令	142
二、主机驱动电路	146
三、控制电路原理与操作	149

四、维护保养与故障诊断	173
第三节 德国海德堡四色胶印机电路	178
一、电气系统的组成	178
二、安全控制	182
三、控制电路原理与操作	186
第四节 PDQ-02 型骑马联动订书机控制电路	196
一、主传动部分	196
二、书帖检测自动控制装置	198
三、三面刀切纸机出书计数器	203
复习思考题	204
附录	206
附录一 常用电路图新旧图形、文字符号对照表	206
附录二 PZ4880-01A 型机的 PC 数据存储器的分配	211
附录三 PZ4880-01A 型机内部辅助“继电器”的分配	213
附录四 PZ4880-01A 型机内部辅助“继电器”的功能	215
附录五 定时器的分配	215
参考文献	216

第一章 印刷设备中常用低压电器

印刷设备中的低压电器通常用于电机的起初、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)以及其他数字或字母,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。

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。

低压电器型号举例说明如下。

(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

表 1-1 低压电器全型号表示法

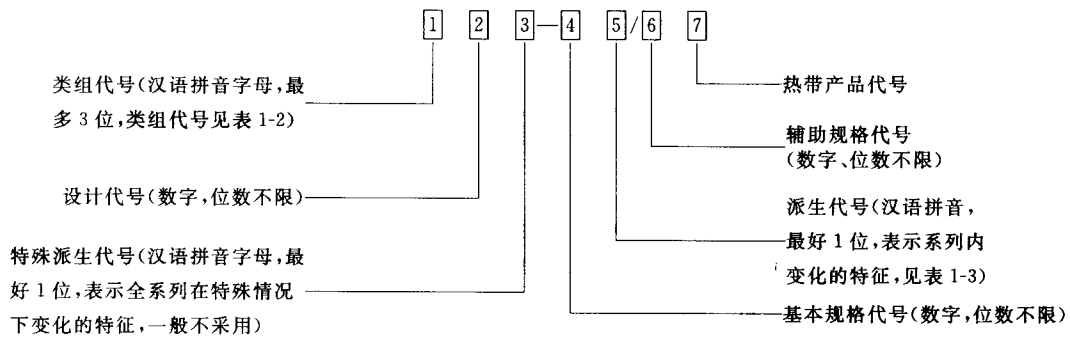


表 1-2 低压电器产品型号类组表

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					其他	组合开关
R	熔断器			插入式			汇流排式			螺旋式	封闭管式				快速	有填料管式			限流	其他	
D	自动开关									照明	灭磁				快速			万能式	限流	其他	装置式
K	控制器					鼓形						平面				凸轮				其他	
C	接触器					高压		交流				中频			时间					其他	直流
Q	启动器	按钮式		磁力式				减压							手动		油浸		星三角	其他	综合
J	控制继电器									电流				热	时间	通用		温度		其他	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	其他	
Z	电阻器		板形元件	冲片元件		管形元件									烧结元件	铸铁元件			电阻器	其他	
B	变阻器			旋臂式						励磁		频繁	起动		石墨	起动调速	油浸起动	液体起动	滑线式	其他	
T	调整器				电压																
M	电磁铁												牵引					起重			制动
A	其他		保护器	插销	灯		接线盒			铃											

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。

表 1-3 通用派生字母代号

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

(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: 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 1-1(a) 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 1-1(b) 所示。

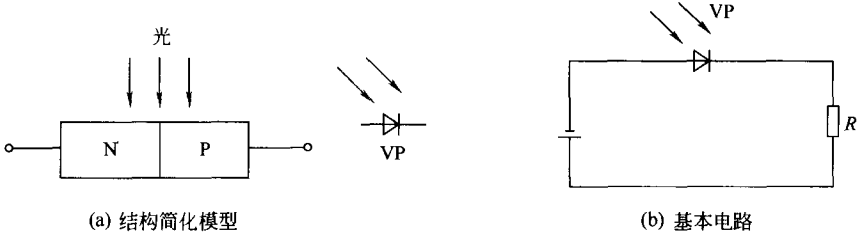


图 1-1 光敏二极管简化模型和基本电路

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。

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 型光敏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。

光敏二极管和光敏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

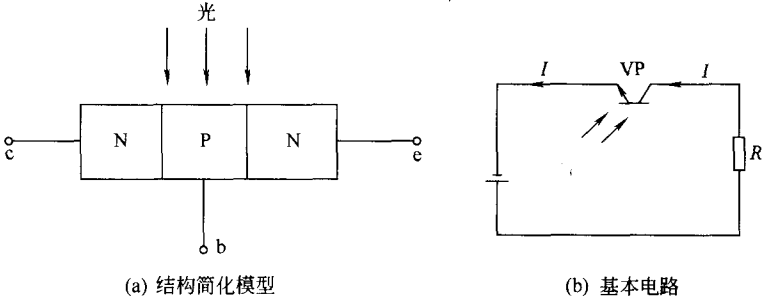


图 1-2 NPN 型光敏三极管简化模型和基本电路

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 1-3 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。

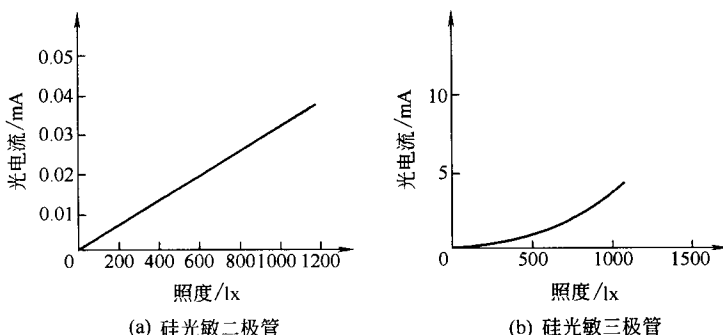


图 1-3 硅光敏管的光照特性曲线

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 1-4(a) 是基本电路, 图 1-4(b) 是输入、输出波形。

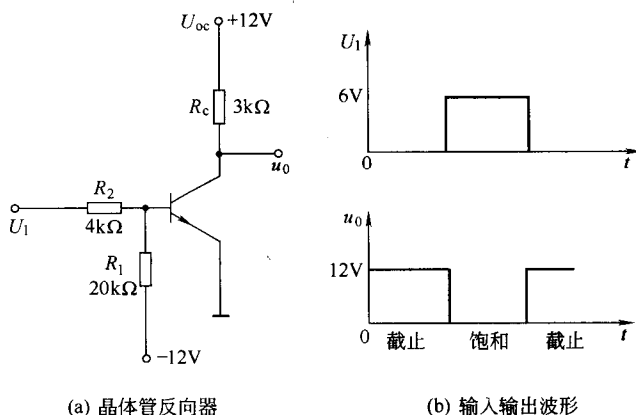


图 1-4 晶体管反相器的工作原理图

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; 因此称之为反相器, 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 1-4(a) 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_1 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_2 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。

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。

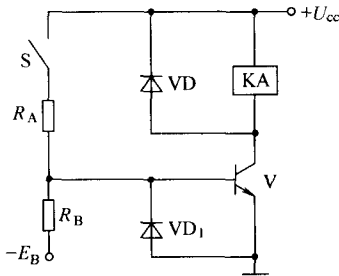


图 1-5 晶体管继电器原理图

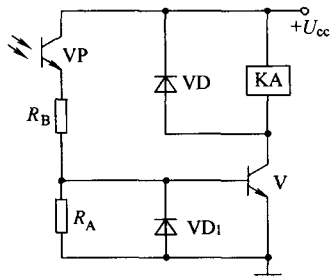


图 1-6 光电继电器原理图

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(无需接触)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 1-7(a) 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 $U_{ce_2} \approx 0$, 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 $U_{ce_2} \approx U_{cc}$, 射极输出器输出也接近 U_{cc} , 使继电器 KA 通电动作。

图 1-7(c) 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, $U_{ce_2} = 0$, 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。

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

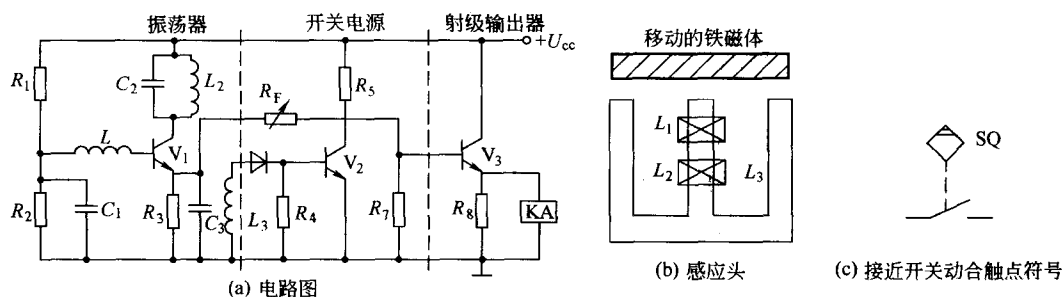


图 1-7 晶体管接近开关

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。

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。

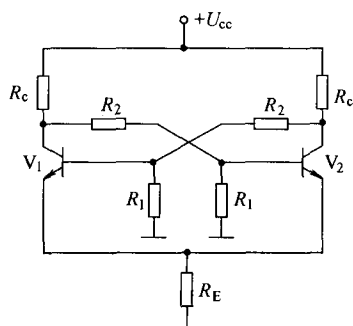


图 1-8 集-基耦合双稳态触发器

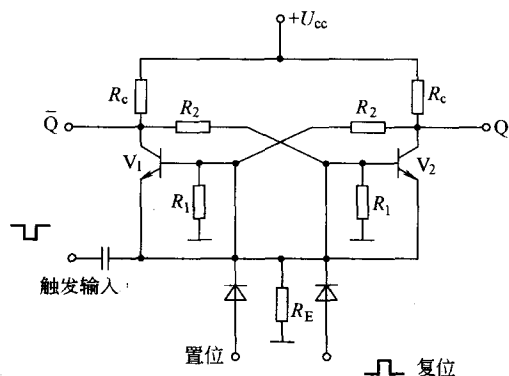


图 1-9 具有计数、置位、复位功能的触发器

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。在置位端加一个正脉冲，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，在复位端加一个正脉冲信号，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 20 世纪 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、无噪声、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，并具有抗振、防潮、耐腐蚀和防爆能力。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。

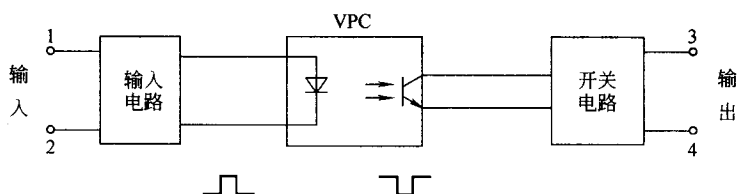


图 1-10 DC-SSR 原理框图

图 1-10 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 是用双向晶闸管作为开关器件。双向晶闸管可看作两个反向的单向做在晶闸管同一硅片上，这种具晶闸管有双向导通功能，它的通断情况由控制极决定，当控制极无信号时，晶闸管阳极和阴极之间呈高阻状态，晶闸管截止；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，当双向晶闸管接感性负载时，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。故要晶闸管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销后，流过双向晶闸管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、过零触发双向晶闸管、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）。

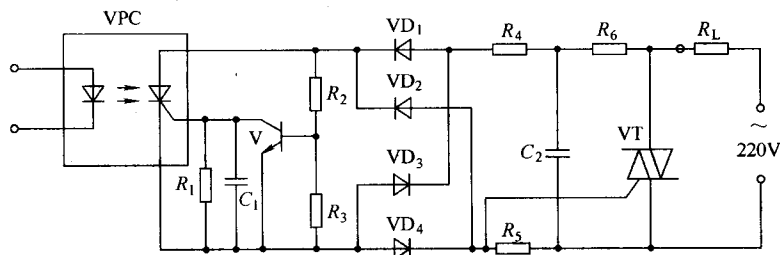


图 1-11 AC-SSR 的原理电路图

图 1-11 中的 VPC 是一个以光控晶闸管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。光控晶闸管依靠 $VD_1 \sim VD_4$ 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 并联后接于晶闸管的控制极，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，把光控晶闸管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，向晶闸管 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 为光控晶闸管的限流电阻； R_2 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。

当输入端出现信号时，一旦交流电压过零，光控晶闸管即导通， R_5 上形成的电压马上

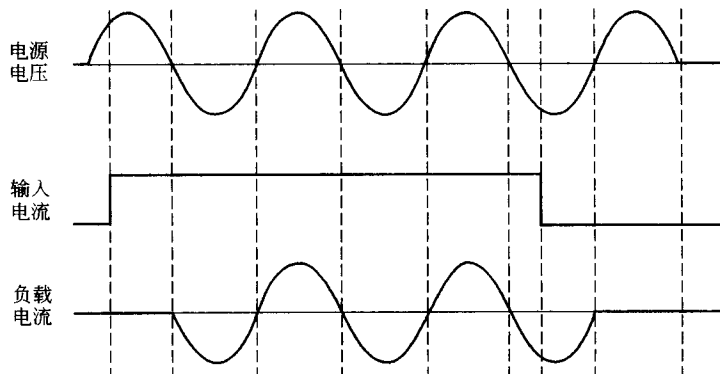


图 1-12 AC-SSR 的工作波形图