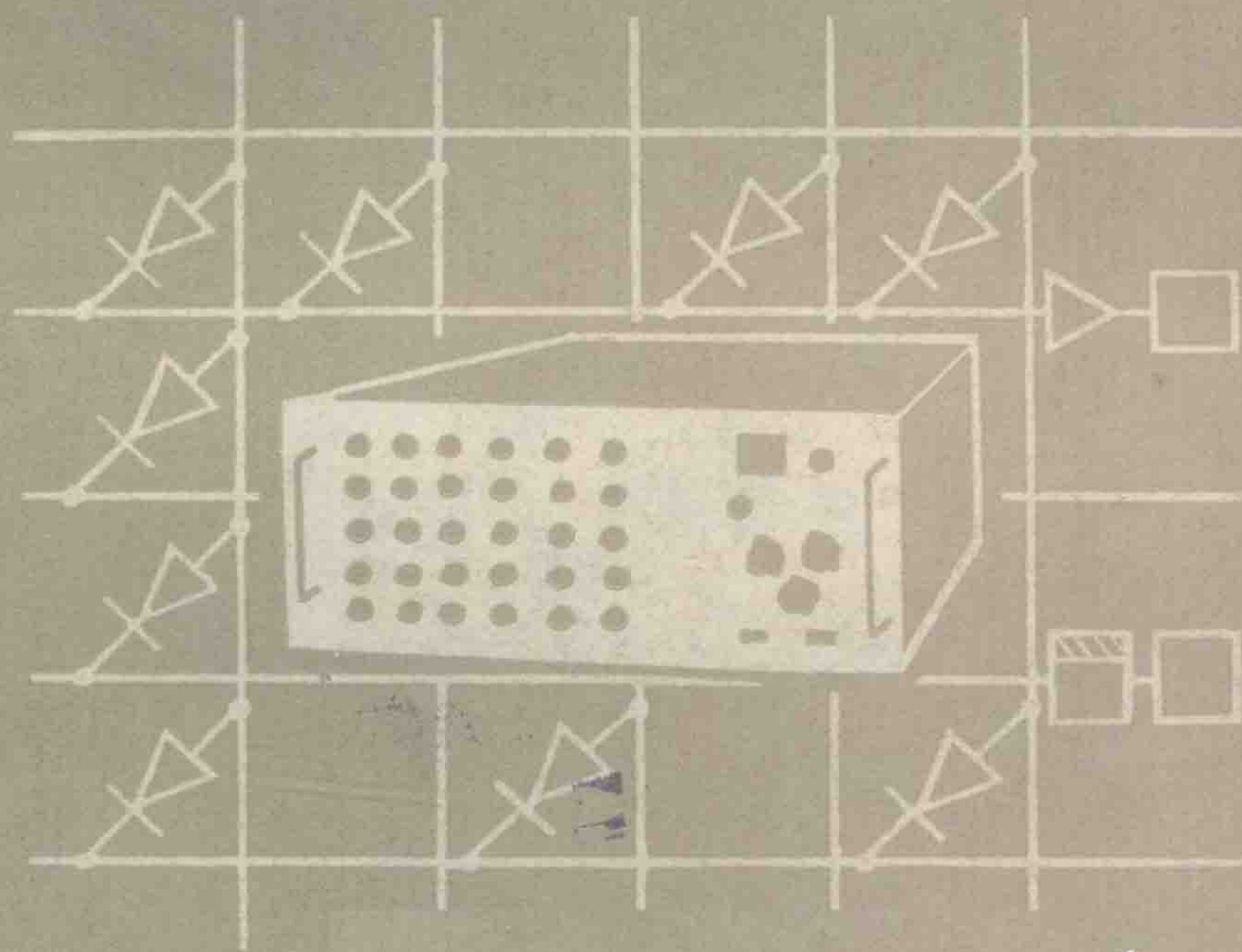


顺序控制器



铁道部株洲电力机车研究所
铁道部西南交通大学机制专业

顺序控制器

《内部资料》



铁道部株洲电力机车研究所
铁道部西南交通大学机制专业

1977年·株洲

内 容 简 介

本书由浅入深，重点介绍了简易顺序控制器的基本原理和使用方法。为便于大家在技术革新和技术改造中，能根据具体情况，因地制宜、灵活应用，还从现有资料中收录了一些典型产品于第五章。

本书可供从事生产自动化工作的广大工人和技术人员参考。

顺 序 控 制 器

铁道部 株洲电力机车研究所 合编
西南交通大学 机制专业

广东新华印刷厂印

前 言

顺序控制器是六十年代末才发展起来的一种通用性强，使用灵活的自动控制装置。对于我们铁路工厂可广泛用于单机和生产自动线的自动控制。为了尽快普及和推广这一新技术，使其成为技术革新和技术改造中的有力工具，根据铁道部机车车辆工业电技术情报网的活动要求，我们收集了国内有关资料，编辑了这本《顺序控制器》，供广大工人和技术人员参考。考虑到电子电路和逻辑代数的一些基本知识，在原《数控技术》上册中已有介绍，故本书不再编入。

由于我们对实际情况了解不多，时间仓促，水平有限，文中不妥和错误之处，恳切希望广大读者批评指正。

编 者
一九七七年十月

目 录

第一章 顺序控制器概述	(1)
一 顺序控制器的产生	(1)
二 顺序控制器的特点	(2)
三 顺序控制器的分类	(3)
四 顺序控制器国内外发展简况	(4)
第二章 逻辑式顺序控制器	(5)
第一节 工作原理	(5)
一 继电器控制电路的分析	(5)
二 SK ₁ 型顺序控制器的基本结构和工作原理	(8)
第二节 输入部分	(14)
第三节 输出部分	(19)
一 放大输出	(19)
二 延时放大输出	(21)
三 长延时电路	(22)
四 放大电路和延时电路设计	(23)
五 手动控制	(27)
六 无触点输出单元	(27)
第四节 SK ₁ 型顺序控制器总原理图	(30)
第五节 SK ₁ 型顺序控制器的程序编制	(32)
一 直观法	(32)
二 分析法	(61)
第三章 步进式顺序控制器	(77)
第一节 工作原理	(77)
第二节 步进器	(80)
一 由 RS 触发器组成的步进器	(81)
二 采用 D 触发器移位寄存电路的步进器	(83)
三 采用二进制计数器译码电路的步进器	(86)
第三节 步进式顺序控制器的组成与主要功能	(88)
第四节 SK ₂ 型顺序控制器介绍	(92)
一 概 述	(92)
二 步进器的组成和工作原理	(95)
三 SK ₂ 型顺序控制器的其它功能和电路	(101)

四 应用举例	(110)
五 步进式顺序控制器的程序编制	(113)
第五节 顺序控制器逻辑电路的设计	(114)
第四章 可编顺序控制器简介	(125)
第一节 可编顺序控制器一般介绍	(125)
一 可编顺序控制器的特点	(125)
二 系统结构	(126)
三 基本工作原理	(127)
第二节 TS—100 型可编顺序控制器介绍	(128)
一 技术指标	(128)
二 原理简述	(129)
三 指令系统	(134)
四 程序编制	(137)
第三节 应用程序举例	(146)
第五章 典型产品及其应用	(153)
十二程序继电器程序控制器	(153)
SCR 读孔式电镀程序控制装置	(160)
光电输入程序控制电镀自动线	(165)
LK—1型逻辑式顺序控制器	(175)
TCK—1 型可控硅通用程控机	(181)
SKB 型顺序控制器	(187)
BSKM—9 型步进式顺序控制器	(195)
SKJ 系列顺序控制器	(208)
附图一 LK—1 型逻辑式顺序控制器电气原理图	
附图二 BSKM—9 型步进式顺序控制器电气原理图	

第一章 顺序控制器概述

顺序控制器是六十年代末出现的一种新技术，是一种适用于生产自动化的电气控制装置。国内外都在大力发展和推广。对于我们铁路工厂可广泛用于单机自动化、机加工自动线、铸造自动线、电镀自动线、冲压自动线、热处理自动线、电焊自动线、工业机械手、注塑机、测试设备等等的自动控制。目前大连机车车辆厂、大同机车厂、眉山车辆厂、株洲车辆厂等已开始应用。为了进一步提高铁路工厂生产自动化的水平，我们应尽快宣传、普及和推广这一新技术。

一、顺序控制器的产生

伟大导师恩格斯指出：“社会一旦有技术上的需要，则这种需要就会比十所大学更能把科学推向前进。”顺序控制器就是在这种社会需要的推动下，在生产实践不断发展中产生的。

所谓顺序控制，就是指能按照生产的工艺要求预先安排的次序，控制生产过程的进行。在生产中，这样的工艺要求是很多的。例如，图 1 所示的送料小车，要求启动后第一次前进，到限位开关 xk_1 处就后退返回，返回到 xk_0 处，再第二次前进，第二次撞上 xk_1 后并不后退而继续前进，直到 xk_2 处才后退返回到 xk_0 。之后又按上述过程重新进行下一循环，即第三次前进到 xk_1 后返回，第四次前进到 xk_2 返回，余依次类推。又如电镀作业一般需要经过几十道工序才能完成，工件往往是根据电镀的工艺要求依次从一个镀槽进到另一镀槽，在每个镀槽又需停留一定的时间。象这一类型的控制都是顺序控制。

实现顺序控制可以由手工操作，也可以自动操作；或兼有两种操作。手工操作是操作人员根据现场实际情况去操作一个个动作。自动操作则是一个生产过程往往只要操作人员启动后，自动控制装置便能自动地循环执行生产过程中的每个动作。

手动控制不仅效率低，劳动强度大，而且有时由于操作频繁，操作人员思想高度集中和紧张，容易出错。有些生产过程，操作现场环境恶劣，有害于操作工人的健康。因此实现自动控制就成为生产的迫切需要。

目前，用于顺序控制的自动化装置，绝大部分还是常用的电器控制屏（柜）（即继电器——接触器控制屏），也有采用逻辑元件的。这种继电器控制系统，虽然造价低，抗干扰能力强，能完成一些生产过程自动化中比较简单的动作要求，但是由于继电器是有触点控制，而且触点又十分繁多，给接线带来不少困难，又因触点容易损坏，造成失灵，影响了系统的可靠性。另外，这些装置的灵活性较差。它是一种固定接线（“死”

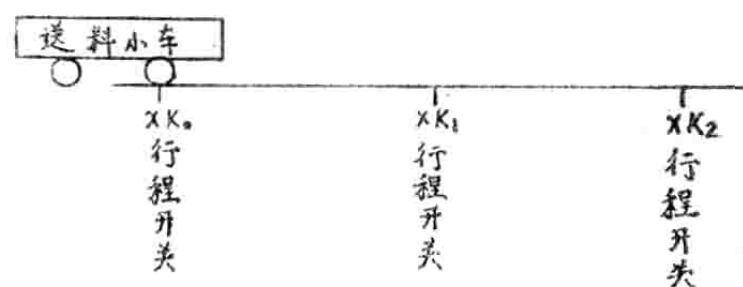


图 1—1

结线)的专用控制装置,当工艺变动时,就需要重新配线或重制控制屏。由于装置专一,不易搞备用。在生产过程中出了事故,就必须停产进行长时间的检查维修,这样就影响了生产。再则继电器屏或逻辑柜都必须在工艺要求提出后才能进行制作,因而制造周期长。

无触点逻辑元件的出现,虽然克服了继电器触点多、不可靠的弱点,但通用性和灵活性还是没有得到解决。

随着电子技术的飞速发展,电子计算机日益广泛地被应用于生产过程自动化。电子计算机控制可以大大提高控制系统的灵活性和通用性,也能满足复杂和变化多端的自动化要求。但是,如果在一些简单、小型自动化控制过程中也使用电子计算机,不仅是大材小用,未能充分发挥其功能,而且它的使用和维护都比较复杂,因而其应用受到一定限制。这就促使人们去寻找一种适应中小型生产自动线的控制装置,这就是顺序控制器产生的背景。

二、顺序控制器的特点

顺序控制器是在继电器(或无触点逻辑元件)控制系统和计算机控制系统之后发展起来的,是介于两者之间的控制系统。它不但可以弥补继电器、逻辑元件系统太专一、不可靠等缺点,而且比起电子计算机来,则有造价低、易于掌握、使用维护和改变程序方便等优点。

归纳起来,顺序控制器与继电器控制系统相比,有以下几个特点。

1.通用性强,应用范围广

适合于单机自动化和自动线的自动控制。

2.灵活性强

它可以很方便的随生产工艺要求的改变而变更控制程序。例如在矩阵式顺控器中,工艺要求的改变,只要相应地改变一下二极管在矩阵板中的位置和数量就可以了。矩阵板起的是集中和方便配线的作用,而利用二极管就把“死”接线变成了“活”接线。这个优点,对下列情况特别显著。

(1)加工另件常有变更,工艺程序也要相应的变更;

(2)有些通用的辅助机械(如机械手),为不同主机服务时,要求不同的工作程序;

(3)工艺流程本身还不十分成熟,在安装调试以及使用过程中有可能进行局部修改。

此外,若一台顺序控制器的存贮容量(指控制程序的长短和输入输出通道即指输入输出信号点数)不够用时,可以用两台以上顺控器并联运行。使用几台顺序控制器时,只要多买一、二台备用,就可以不停产检修。

3.设计制造周期短

因为不同的工艺要求硬设备(这里指的是顺控器本身)完全一样,因此硬设备的制造和软设备的设计(根据工艺要求设计控制程序)可以同时进行,一旦程序设计有错,只需重新配备二极管或更换纸带,而不影响硬设备的制造。这样,生产厂可以成批制造

统一的控制器，不但周期短，而且成本低。

4. 结构简单

使用元件数量及内部配线少，体积小，维护方便，成本低。

5. 工作原理比较简单

使用工人稍经培训就可以掌握控制器的工作原理，若再学一些逻辑代数和晶体管电路方面的知识，便能独立完成控制器的设计、制造和调试。

6. 适于对原有设备的改造

对原有生产机械不须很大变动，应用顺序控制器就能实现自动化。特别是对老企业，旧设备的革新挖潜，技术改造具有广泛应用前途。

由于顺序控制器具有上述优点，因此能在一定范围内取代旧的继电器控制系统。

但值得注意的是，在目前，由于电子器材还比较贵，对那些程序特别简单，使用继电器数目少的控制系统，不宜用顺序控制器，否则成本太高。实际上在某些情况下，对继电器电路进行改进，如采用矩阵技术，也可使继电器系统由“死”变“活”，达到通用的目的（参见第五章上海机电设计院设计，崇明星火电器厂生产的一种通用型十二程序继电器程序控制器）

三、顺序控制器的分类

顺序控制器的种类很多，分类方法也很不一致，从功能范围大小来看，一般可分为两大类：简易顺序控制器，可编顺序控制器。

简易顺序控制器又包括以下几种结构形式：

简易顺序控制器 { 矩阵、插销板式控制器
 { 凸轮及鼓式控制器
 { 穿孔纸带（或穿孔卡）控制器

其中最常用到的是矩阵、插销板式控制器，这种控制器又可分为逻辑式顺序控制器和步进式顺序控制器二种。逻辑式顺序控制器由输入、输出和矩阵板三个部分组成。其原理与一般常用的继电器控制系统基本相似，是属继电器控制系统一样的组合逻辑电路。而步进式顺序控制器，是在逻辑式顺序控制器基础上增加了步进分配器而发展起来的。步进分配器犹如继电器控制系统中的鼓形控制器和步进选线器，有了它以后，使控制系统的逻辑关系简化，省去许多联锁和自锁关系。两者相比，逻辑式顺序控制器的结构简单、价格便宜，但编制程序没有步进式顺序控制器方便。这两种都是我们今后介绍的重点。

可编顺序控制器的结构和电子计算机大致相仿，也是由存贮器、运算器、控制器、输入装置和输出装置五大部分组成。所不同的是运算功能简单，一般只有逻辑运算，没有或很少有算术运算。至于其它部分如控制器、输入输出单元以及指令系统也都较简单。因此国外常把它称作“准计算机”。

一般说来，简易顺序控制器用于小规模自动化控制系统，可编顺序控制器用于中规模的控制系统，至于大规模的控制系统可采用电子计算机。

四、顺序控制器国内外发展简况

顺序控制器在国外是在六十年代末期开始发展的。1969年美国数字设备公司首先研制出第一台可编顺序控制器，之后，又相继研制出各种规格的产品。美国使用台数，1972年为200台，1974年达3000台，二年增长15倍。生产厂家，1973年仅19家，1975年增至51家。品种1972年只有13种，1974年增至51种。简易顺序控制器美国生产很少。日本1968年开始制造和使用简易顺序控制器，现已达五十多个品种，据日本1974年统计，矩阵插销板式顺序控制器使用台数已达811台，占通用顺序控制器的68.4%，可编顺序控制器占29.8%，小型计算机式顺序控制器占1.8%。可编顺序控制器的技术是1971年从美国引进的。西德西门子公司也是1969年开始研制的，现在已有系列产品。国外顺序控制器的发展是较快的。

我国于1973年开始研制顺序控制器。几年来发展很快。根据北京自动化技术研究所和一机部机械院机电研究所的调查，到1976年初，已有60多个单位参加了顺控器研制工作，产品达69种，产量达1129台。已广泛应用于机械、汽车、冶金、化工、轻工、建材、电力、交通、航空、造船等行业。许多工厂在大搞技术革命、技术革新的群众运动中，通过调查研究，针对生产薄弱环节，还自行设计制造了一批简易顺控器，在生产中发挥了良好的作用，对于提高产品数量、质量，减轻劳动强度，改善劳动条件均有显著成效。目前，我国已有一批专业厂如上海交通电器厂、天津机床电器厂、天津自动化元件厂、北京低压电器厂、济南仪表厂、郑州自动化控制设备厂等已能小批量生产顺控器。这为进一步推广应用顺控器创造了有利条件。

可编顺序控制器，国内已有一批研究所和生产厂正在积极研制，不久一批样机就可投入生产使用。其中有北京低压电器厂和中国科学院电工研究所共同研制的BCK—1型可编顺序控制器，控制对象为钢厂铸造自动线；天津电气传动设计研究所研制的CKC—1型可编顺序控制器，准备用于棉纺印染厂的纺织漂染生产自动线；上海工业自动化仪表研究所和上海第三电表厂共同研制的TS—100型可编顺序控制器，准备用于30万千瓦机组自动化装置。其他还有一机部机械院机电研究所和上海电器科学研究所分别研制的BK—100、SK—200二种型号的可编顺序控制器。

第二章 逻辑式顺序控制器

逻辑式顺序控制器结构简单、价格便宜、运行可靠、维护方便，得到了广泛应用，深受现场的欢迎。本章以清华大学研制的 SK₁型顺序控制器为例，介绍逻辑式顺序控制器工作原理。

这类顺序控制器的一个缺点是编程不太方便，但是仍有一定规律可循，只要掌握这些规律，编程的困难是可以解决的。因此我们将把程序编制的方法作为重点内容加以介绍。

本章主要取材于清华大学工业自动化系编写的“顺序控制器”（一）。

第一节 工作原理

一、继电器控制电路的分析

逻辑式顺序控制器是在继电器和逻辑元件控制系统的基础上发展起来的，为了说明它的基本原理及设计思想，有必要先对继电器及逻辑元件的控制系统作一剖析。

继电器控制系统（以下简称电器控制）是一种接点电路，许多开关按照一定的关系联接起来就可以实现一种特定的开关量控制。这种按照一定关系联接起来的电路也叫逻辑电路，它们的关系叫逻辑关系。一般的继电器控制电路都是由“与”、“或”、“非”三种基本逻辑电路组成的。

1. “与”

在电器控制中（图 2—1），两个常开触点 x_1 和 x_2 相串联去控制一个继电器 Z 称为“串联控制”。这里 x_1 和 x_2 是来自现场的信号，它们可以是行程开关的触点，也可以是继电器或其它开关的触点。串联控制中，只有当 x_1 与 x_2 都合上后， Z 才能得电动作，否则不管 x_1 或 x_2 那一个接通，继电器 Z 都不会动作，这样一种逻辑关系就是“与”逻辑关系，因此串联控制又可称为“与”控制，在逻辑代数中用逻辑乘来表示：

$$Z = x_1 \cdot x_2$$

必须注意，逻辑乘和普通算术中的乘法是不一样的。逻辑乘表示的是 x_1 和 x_2 信号之间有“与”逻辑关系。

2. “或”

在电器控制中，用两个常开触点 x_1 和 x_2 并联起来去控制一个继电器 Z ，称为“并联控制”，如图 2—2 所示。在并联控制中，只要有一个触点合上（或两个触点都合上）， Z 就得电动作。这样一种逻辑关系就是“或”逻辑关系，因此并联控制又称为“或”控制，在逻辑代数中用逻辑加来表示：

$$Z = x_1 + x_2$$

逻辑加和算术中的加法是不一样的。它表示的是“或”逻辑的关系，即表示触点 x_1 或 x_2 中有一个合上， Z 就得电。

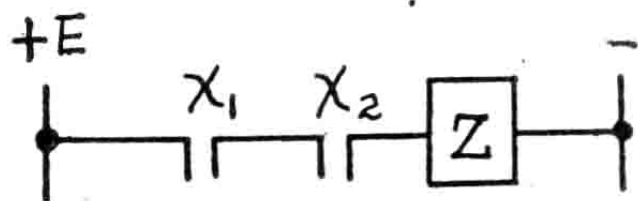


图 2—1

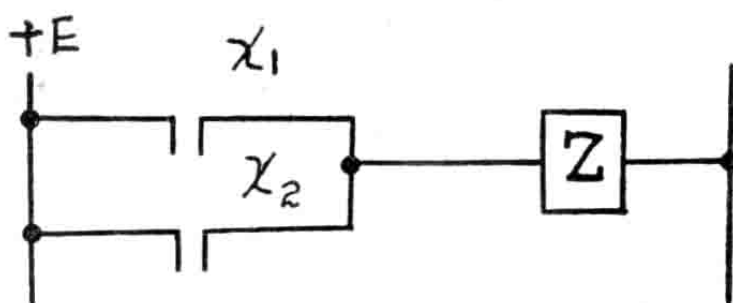


图 2—2

3. “非”

继电器或行程开关上除了常开触点外，还有常闭触点，利用常闭触点去控制一个继电器称为“反向控制”，如图 2—3 所示。通常常开触点用 x 表示，常闭触点用 $\bar{x}$ 表示。在反向控制中， $\bar{x}$ 不动作（即触点闭合）， Z 动作，反之 $\bar{x}$ 动作（即触点打开）， Z 不动作，这种动作取“反”的逻辑关系就是“非”逻辑关系，因此反向控制又称“非”控制。在逻辑代数中用逻辑“非”表示：

$$Z = \bar{x}$$

x 上打一横杠表示 x 动作和 Z 相反，即 x 动作 Z 不动作； x 不动作， Z 动作。要注意，常开、常闭触点是同时动作的， x 动作（闭合）的同时， $\bar{x}$ 也动作（打开）； x 不动作（打开）， $\bar{x}$ 也不动作（闭合）。

在实际电器控制电路中，我们就是利用上述三种基本逻辑关系，根据不同的工艺要求，组合成各种各样的控制电路。举例说明如下：

1. “与”“非”逻辑的组合：互锁电路

图 2—4 是常见的互锁电路，是“与”“非”逻辑关系的组合，它们的逻辑代数式是：

$$Z_1 = x_1 \bar{z}_2$$

$$Z_2 = x_2 \bar{z}_1$$

所表示的逻辑关系为， x_1 动作“与” $\bar{z}_2$ 不动作则 Z_1 得电动作； x_2 动作“与” $\bar{z}_1$ 不动作则 Z_2 得电动作。因此如果输入触点 x_1 先动作，则 Z_1 动作后，将它自身的常闭触点 $\bar{z}_1$ 断开，这时即使输入触点 x_2 动作， Z_2 也不能动作。反之，如果 x_2 先动作，则 x_1 即使动作， Z_1 也不动作。这就是互锁作用。互锁电路中除了输入信号 x_1 和 x_2 外，还利用了输出继电器的常闭触点 $\bar{z}_1$ 和 $\bar{z}_2$ 反馈回来，分别去控制另一个继电器。 $\bar{z}_1$ 和 $\bar{z}_2$ 叫做反馈信号。

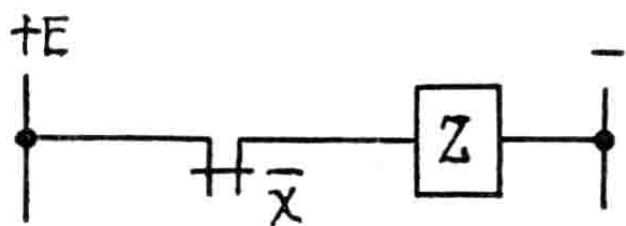


图 2—3

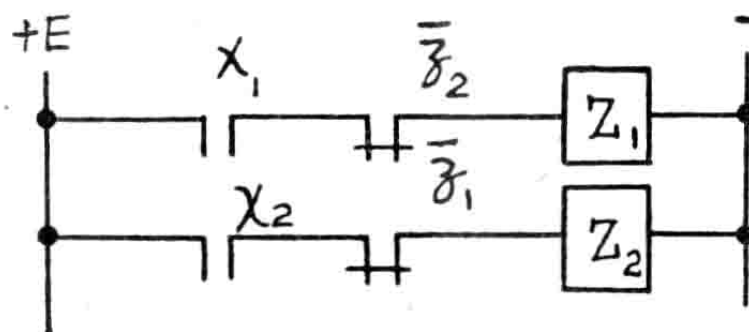


图 2—4

2. “与”“或”“非”逻辑关系的组合：起动、自保、停止

图 2—5 是常见的“起、保、停”电路，触点 x_1 短时动作后，输出继电器 Z 得电吸合，常开触点 z 闭合，继电器 Z 通过触点 z 实现自保。只有当常闭触点 $\bar{x}_2$ 动作后，继电器 Z 才断电释放，即被解除。这种电路是“与”“或”“非”的组合，其逻辑代数式是：

$$Z = (x_1 + z) \bar{x}_2$$

由逻辑代数的基本运算规则，上式又可表示为：

$$Z = x_1 \bar{x}_2 + z \bar{x}_2$$

相应的逻辑电路示于图 2—6。这两种电路是等效的。一种是 x_1 及 z 组成“或”控制 ($x_1 + z$)，之后，再与 $\bar{x}_2$ 组成“与”控制；另一种是 $x_1 \bar{x}_2$ 组成“与”控制以及 $z \bar{x}_2$ 组成“与”控制，二者又组成“或”控制。从图可知，所谓“与”“或”“非”的组合也就是常开、常闭触点串并联的组合。

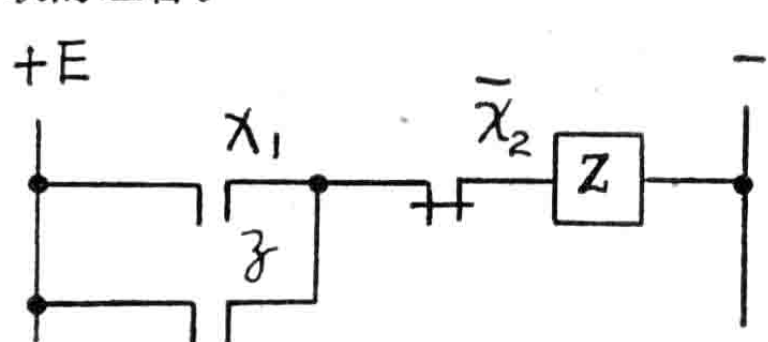


图 2—5

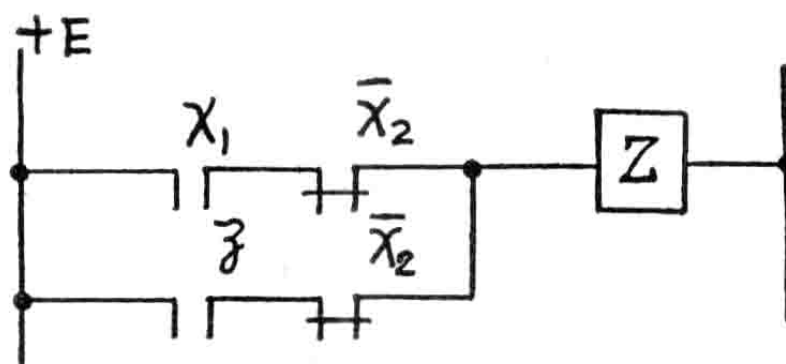


图 2—6

从上面对继电器电路的分析可知，继电器控制电路无非是输入信号及反馈信号的“与”“或”“非”的组合。当然除了逻辑关系外，还可能有延时的要求（延时吸合，延时释放，定时工作等），这只要使某些输出继电器具有延时功能就可以了。因此继电器控制系统的基本结构如图 2—7。输出继电器 Z 的触点可以用来控制执行机构，例如接触器、电磁阀等，去控制电路、油路或气路，通过电机、油缸或汽缸去驱动机床工作台等机构动作。

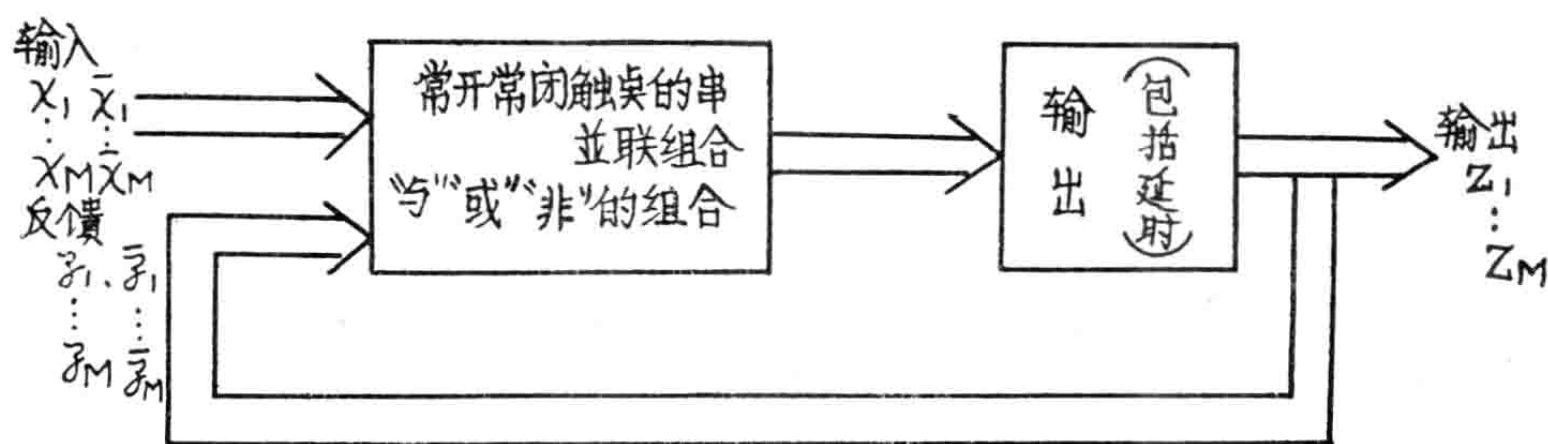


图 2—7

下面再结合一个具体例子，进一步说明一下电器控制的基本结构。这个例子是小车的自动往返控制。

它的工艺要求是：某一小车可以在“ A ”“ B ”两点之间自动往返（图 2—8）；可以在任意时刻，任意地方停止或起动，起动后可以向任何方向运转。

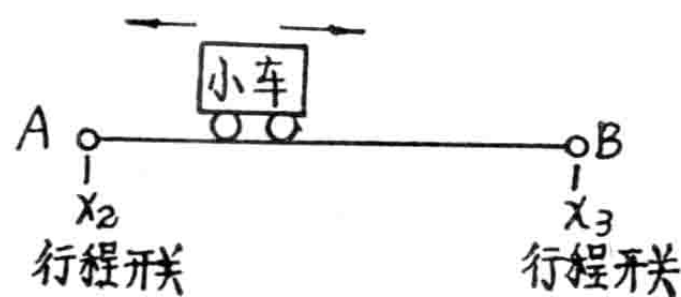


图 2—8

根据以上工艺要求，我们不难画出它的控制电路，如图 2—9。当按起动按钮 x_1 后，控制电机正转的继电器 Z_1 得电吸合，小车正向前进（向 A 点），达到终点时，碰到行程开关 x_2 ，其常闭触点 $\bar{x}_2$ 使 Z_1 断电，小车正向前进停止。与此同时，常开触点 x_2 闭合，使控制电机反转的继电器 Z_2 吸合，电机反转，小车朝相反方向运动。当到达终点时，碰到行程开关 x_3 ，其常闭触点 $\bar{x}_3$ 被撞开，使 Z_2 断电，同时 x_3 闭合， Z_1 又吸合，小车正向运行。于是小车便能在 A、B 两点之间自动往返。按停止按钮 $\bar{x}_5$ ，小车可随时停止。正向起动按钮 x_1 及反向起动按钮 x_4 只是用来控制起动时首先是正向还是反向运行。 z_1 、 z_2 起自保作用， $\bar{z}_1$ 、 $\bar{z}_2$ 起互锁作用。

在这个例子中，来自工作现场或操作面板的输入控制信号有 x_1 、 x_2 、 $\bar{x}_2$ 、 x_3 、 $\bar{x}_3$ 、 x_4 。 Z_1 、 Z_2 是输出继电器。 z_1 、 $\bar{z}_1$ 、 z_2 、 $\bar{z}_2$ 是反馈控制信号。

由图可看出， Z_1 、 Z_2 都有三条控制通路，以 Z_1 为例，第一条由 x_1 、 $\bar{x}_2$ 、 $\bar{z}_2$ 及 $\bar{x}_5$ 串联组成“与”控制；第二条由 z_1 、 $\bar{x}_2$ 、 $\bar{z}_2$ 及 $\bar{x}_5$ 串联组成“与”控制；第三条由 x_3 、 $\bar{x}_2$ 、 $\bar{z}_2$ 及 $\bar{x}_5$ 串联组成“与”控制。这三条通路是并联的，有一条通路接通 Z_1 就得电，也就是说这三条并联通路又组成“或”控制。根据前述，我们可把这些常开常闭触点的串并联组合写成如下的“与”“或”“非”组合的逻辑关系式：

$$Z_1 = x_1 \bar{x}_2 \bar{z}_2 \bar{x}_5 + z_1 \bar{x}_2 \bar{z}_2 \bar{x}_5 + x_3 \bar{x}_2 \bar{z}_2 \bar{x}_5$$

$$Z_2 = \bar{x}_3 x_2 \bar{z}_1 \bar{x}_5 + \bar{x}_3 z_2 \bar{z}_1 \bar{x}_5 + \bar{x}_3 x_4 \bar{z}_1 \bar{x}_5$$

我们知道图 2—9 电路是根据小车自动往返控制的工艺要求专门设计的，常开常闭触点的串并联组合是一种固定的死接线，如果一旦工艺要求改变，就需要打乱原有的连接方式，重新设计重新接线。所以电器控制的通用性和灵活性是较差的。

逻辑元件的控制系统，在原理上也是由基本的“与门”“或门”“非门”加上 RC 充放电（延时和加快）组成的。与继电器控制系统相比较，除了有触点与无触点的差别外，利用逻辑元件易于实现较复杂的控制功能，例如计数控制、移位寄存和简易数控等等。因此在逻辑元件中除了与门、或门、非门及 RC 充放电基本单元外，尚有单稳、触发器、计数器等单元。但是从原理上讲，逻辑元件控制系统的基本结构框图仍如图 2—7 所示。使用逻辑元件后，虽然克服了继电器触点多，不可靠的弱点，但通用性和灵活性还没有得到解决。

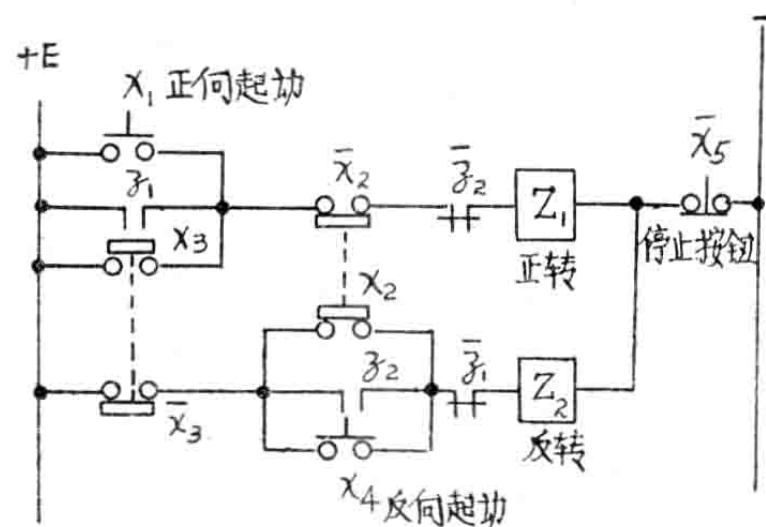


图 2—9

二、SK₁ 型顺序控制器的基本结构和工作原理

由上面的分析可知，在继电器和逻辑元件的控制系统中，要改变控制程序，就必须重新设计，更改内外接线，因此电器控制屏和逻辑柜大都是专机专配。要使控制器能适用于不同的控制对象或工艺流程，就需要能灵活方便的改变“与、或、非”的组合。为了实现这一点，在 SK₁ 型（S—顺序，K—控制器，1—I 型）顺序控制器中，采用了二极管矩阵这种简单的组合网络。在二极管矩阵上可方便的实现三种最基本的逻辑关系

“与”“或”“非”的各种组合，因此这类顺序控制器叫做逻辑式顺序控制器。SK₁的结构如图2—10所示，主要由输入、输出和它的核心——矩阵板三部分组成。

输入部分：主要由输入隔离继电器组成。一般输入信号有多少个就需要多少个继电器（有时被人称为输入点数）。这些继电器把现场工作信号转换成触点信号。

矩阵板（也叫组合网络）：它是一块双面印刷电路板，正面腐蚀竖条（叫行母线），反面腐蚀横条（叫列母线），导电的正面竖线和反面横线是互不连接的。在行母线和列母线上打许多小孔，以供插焊二极管接通任一行母线和列母线，进行各种所需的逻辑组合。

输出部分：主要由输出继电器和放大单元组成。放大单元将矩阵板送来的电流信号放大后，驱动继电器工作，去控制相应执行机构，一般要控制多少个执行机构，就需要多少个输出继电器（有时被人称为输出点数）。

比较图2—10和图2—7，可看出两者的主要区别是，SK₁型顺序控制器利用了矩阵板使“与、或、非”的组合灵活可变，同时多了一个输入部分。

SK₁型顺序控制器（以后简称SK₁）的基本原理有两条：一是“旁路原理”，另一条是“逻辑原理”，下面逐一叙述之。

1. 旁路原理

在电器控制中，触点（也可能是许多触点的串并联组合）是和被控制的继电器线圈相串联的，如图2—11所示。x合上，接通电路使继电器得电。由于触点是和继电器线圈直接串联，所以这种控制方法叫“直接控制”。

在SK₁中，控制方法与此不同，触点是和继电器线圈并联的，如图2—12所示。常闭触点x使继电器短路，使电流给旁路了，这时继电器不动作。当x动作后打开，才能有电流流过继电器，使继电器动作。这种原理叫做“旁路原理”。SK₁就是利用旁路原理进行工作的。电路中的电阻R是为了不使流过触点的电流过大而加的限流电阻。这种控制方式叫做“旁路控制”。

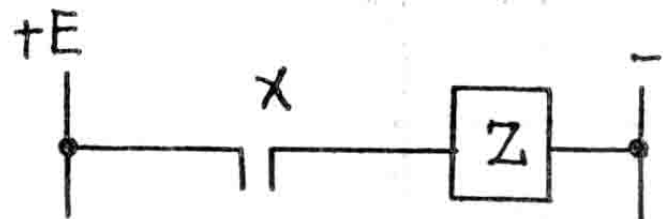


图 2—11

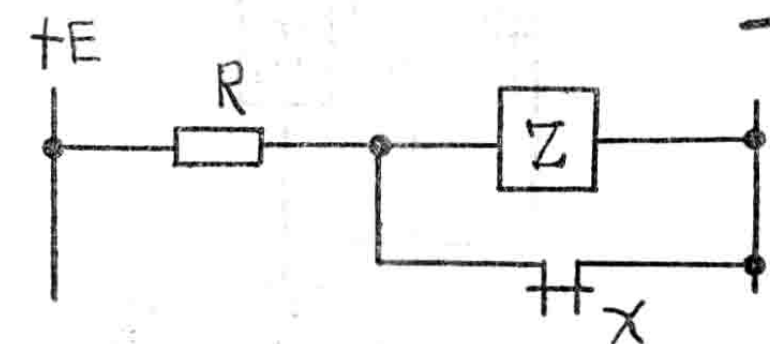


图 2—12

必须注意，“直接控制”和“旁路控制”所采用的触点状态是相反的。即要使继电器动作，在直接控制中采用常开触点，相应地在旁路控制中应采用常闭触点。由于直接控制

中的常开触点与旁路控制中的常闭触点的作用是一致的，因此用同一符号 x 表示。也就是说在电器控制中常开触点用 x 表示，常闭触点用 $\bar{x}$ 表示；而在 SK_1 中常闭触点用 x 表示，常开触点用 $\bar{x}$ 表示。

2. 逻辑原理

前面已讲过，实现继电器控制系统无非是利用触点进行“与”“或”“非”的逻辑组合，而在 SK_1 中也无非是这样基本逻辑关系的组合，只不过是采用二极管门电路罢了。下面介绍“与”“或”“非”三种基本的二极管门电路。

(1) “与”门电路

所谓“与”门电路，就是若干个输入信号控制一个输出单元，只有当所有输入信号都满足条件，输出才动作。这种输出和输入的关系叫做逻辑“与”的关系，用逻辑代数式表示为：

$$Z = x_1 x_2 x_3 \cdots x_n$$

在图 2—13(a) 所表示的“与”门电路中，只有当输入信号 x_1 与 x_2 都动作后，它们的常闭触点都打开，输出继电器 Z_1 才能动作，有输出。用逻辑式表示为：

$$Z_1 = x_1 x_2$$

在 SK_1 中还必须如图 2—13(b) 那样加入必要的二极管 D (二极管的作用后面再讲) 就组成了常见的二极管“与”门电路。二极管具有单向导电性，二极管阳极的电位高于阴极，允许电流从阳极流到阴极；反之，二极管的阴极电位高于阳极，电流不能从阴极流到阳极。前者相当于开关将电路接通，后者相当于开关断开电路。在图 2—13(b) 中， x_1 、 x_2 是常闭触点，只有当 x_1 和 x_2 动作断开，电流才能从电源正极经过电阻 R 和二极管 D_3 流到继电器 Z_1 而回到电源负极(地)。否则，电源电压就被 D_1 和 x_1 或 D_2 和 x_2 旁路， Z_1 不能动作。

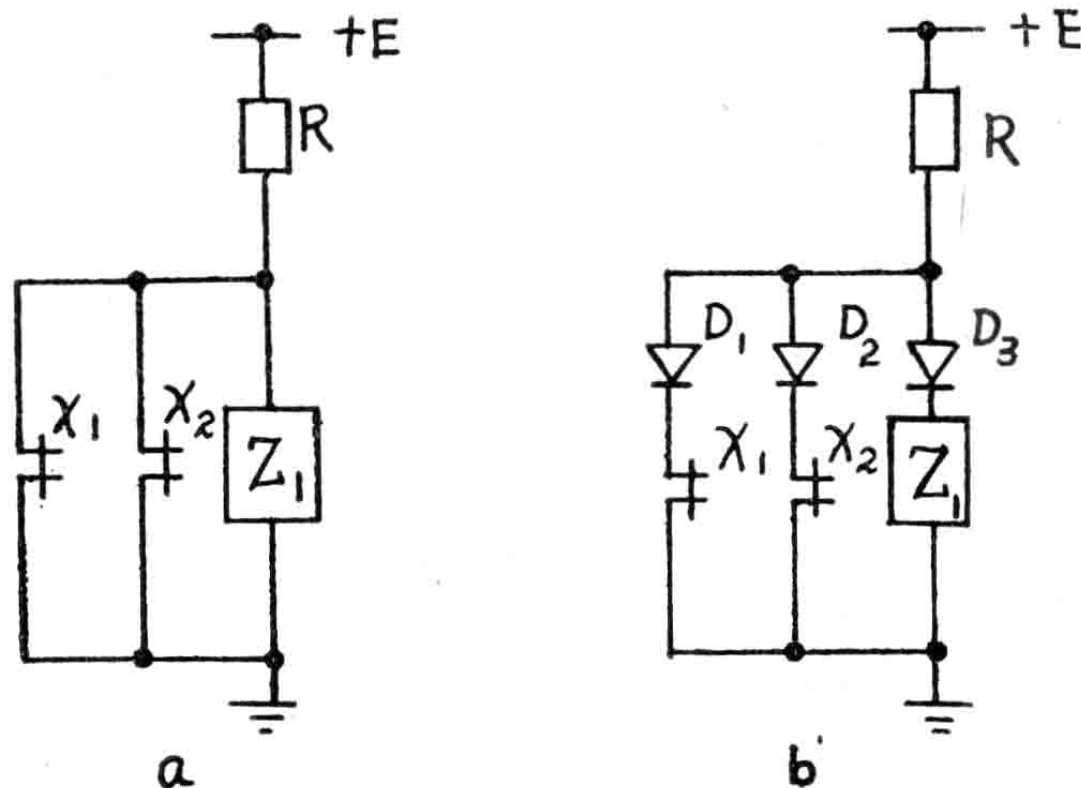


图 2—13

图 2—13(b) 可改画成图 2—14，这也是 SK_1 中实际应用的电路，输入 x_1 、 x_2 及输出 Z_1 接横线(列母线)，竖线(行母线)通过限流电阻 R 接电源。在横线和竖线间

接插二极管就形成了二极管“与”门电路。图中二极管用斜箭头 $\swarrow$ 表示，箭头所指方向为二极管正向导通方向，今后，凡矩阵板中的二极管都采用这种简化表示方法。

(2) “或”门电路

所谓“或”门电路，就是若干个输入信号控制一个输出，只要这些输入信号中任意一个或几个或全部满足条件，输出就动作。这种输出与输入之间的关系就是逻辑“或”的关系，用逻辑式表示为：

$$Z = x_1 + x_2 + x_3 + \cdots + x_n$$

图2—15是一个实现“或”控制的二极管“或”门电路， x_1 和 x_2 是常闭触点，当 x_1 动作打开后，电流从电源正极经过R和 D_5 流到 Z_2 ；或 x_2 打开，电流经过R和 D_7 流到 Z_2 ，使 Z_2 动作。只有当 x_1 和 x_2 都不动作闭合时，电源电压才被 x_1 和 D_4 、 x_2 和 D_6 旁路，使 Z_2 动作不了。

把图2—15应用到SK₁上即如图2—16所示。

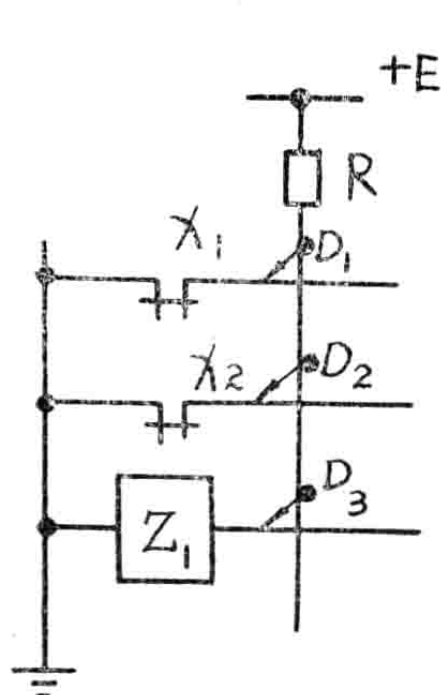


图 2—14

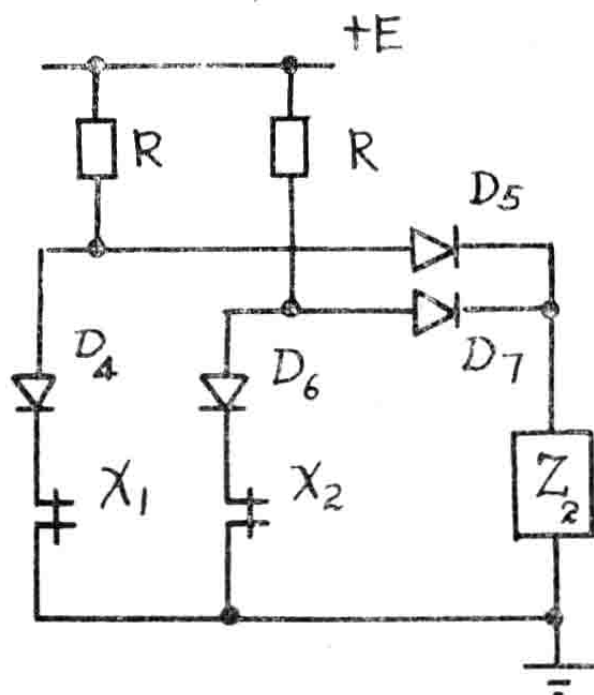


图 2—15

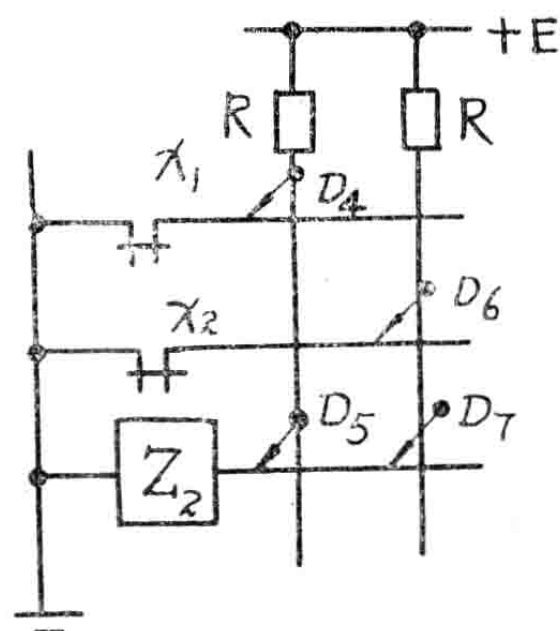


图 2—16

(3) “非”门电路

“与”门及“或”门是两种最基本的二极管门电路。至于逻辑“非”，只要把 x 换成 $\overline{x}$ 就形成了“非”门电路，如图2—17所示。

$\overline{x}_1$ 是常开触点， $\overline{x}_1$ 不动作， Z_3 就动作，而 $\overline{x}_1$ 动作后， Z_3 就失电不动作。用逻辑式表示：

$$Z_3 = \overline{x}_1$$

3. 二极管矩阵

如前所述，顺序控制器需要一个可变的“与、或、非”的组合网络。根据前面对二极管门电路的分析可知，只要排列一些互不相交的横线和竖线，横线分别和输入 x 或输出 Z 相接，竖线通过限流电阻 R 接直流电源，然后在横竖线间接插相应的二极管，就能实现“与、或、非”的各种组合。横竖线及二极管组成的网络叫做二极管矩阵。可以采用双面印刷线路板，把横竖线分别制作在板的两面，并在横竖线上钻有许多安插二极管的小孔。这种线路板叫矩阵板。SK₁型顺序控制器就是利用矩阵板来作为可变的“与、或、非”组合网络。