

第33篇 程序控制装置

主编单位:

机械工业自动化研究所

合稿人:

李延芳

编写人:

徐 憲 卢楚銮 杨昌焜 李延芳

特约编辑:

林启荣

CA/4/2406

常用符号表

<p>AN——按钮</p> <p>B——变压器</p> <p>BCD——二—十进制码</p> <p>BT——单结晶体管</p> <p>C——电容</p> <p>CPU——中央处理单元</p> <p>CRT——屏幕显示器</p> <p>CTL——控制逻辑电路</p> <p style="padding-left: 20px;">D——二极管、场效应管漏板、数据端</p> <p style="padding-left: 20px;">D_{wy}——稳压管</p> <p>DEN——允许输出寄存器</p> <p>DSC——振荡器</p> <p>EPROM——可擦除的只读存储器</p> <p>EAROM——电改写只读存储器</p> <p style="padding-left: 20px;">FR——标志脉冲寄存器</p> <p style="padding-left: 20px;">IEN——允许输入寄存器</p> <p style="padding-left: 20px;">IR——指令寄存器</p> <p>I/O——输入/输出</p> <p style="padding-left: 20px;">J——继电器</p> <p>JMP——转移</p> <p style="padding-left: 20px;">K——存储容量</p> <p style="padding-left: 20px;">L——电感</p> <p style="padding-left: 20px;">LU——逻辑单元</p> <p>MUX——多路选通器</p> <p style="padding-left: 20px;">ms——毫秒</p> <p style="padding-left: 20px;">M——记忆磁芯</p>	<p>NE——指示氖灯</p> <p>PC——可编程程序控制器</p> <p>PID——比例、积分、微分</p> <p style="padding-left: 20px;">P_i——i 程序步</p> <p style="padding-left: 20px;">Q_i——RS触发器输出端，步进单元输出端</p> <p style="padding-left: 20px;">Q_{k,i}——状态触发器输出端</p> <p style="padding-left: 20px;">R——电阻，读信号</p> <p>RAM——随机存储器</p> <p>ROM——只读存储器</p> <p style="padding-left: 20px;">RR——结果寄存器</p> <p>RST——复位电路</p> <p>RTN——返回</p> <p style="padding-left: 20px;">s——秒</p> <p style="padding-left: 20px;">s——场效应管源极</p> <p>SC——顺序控制器</p> <p>SCR——硅可控整流器</p> <p style="padding-left: 20px;">T——三极管</p> <p>TS——三态电路</p> <p style="padding-left: 20px;">W——电位器</p> <p style="padding-left: 20px;">W——写信号</p> <p style="padding-left: 20px;">x——输入信号</p> <p style="padding-left: 20px;">x_{q_i}——i 步步进信号</p> <p>XK——程序步条件</p> <p style="padding-left: 20px;">y——输出信号</p> <p>ZD——指示灯</p> <p style="padding-left: 20px;">β——放大倍数</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

第1章 概 论

1 程序控制装置的特点和用途

根据预先规定的程序、条件或时间对各控制阶段顺序地进行自动控制，称为程序控制。完成程序控制的装置称为程序控制装置。程序控制装置仅用作顺序控制的通常也称为顺序控制装置或顺序控制器。

工程上，人们总是预先把一个复杂的生产过程分解成不同的工艺流程，而又把每一工艺流程分解成若干加工顺序，即工序。这每一个工序相当于程序控制装置中的一个程序步，程序控制装置就是按预先规定的顺序执行各程序步，从而完成整个生产过程的自动控制。

程序控制装置有以下特点：功能比较齐全，一般产品都具有逻辑运算、计时、计数等功能；高档产品则具有数值运算、数据处理、模拟调节、数据

通信、故障自诊断、监视、记录和CRT显示等功能；通用性和灵活性较强，适用范围广；对使用环境无特殊要求，工作稳定可靠；程序编制比较简单；调试、维修和操作使用方便；价格比较便宜。因此它可广泛用于机械制造、冶金、电力、石油化工、煤炭、建材、轻工、纺织、食品加工、造纸和军工等工业部门，以实现各种工作机械和生产过程的自动程序控制，并已成为工业控制领域的一种有力工具。程序控制装置在各工业部门应用情况见表33.1-1。

2 程序控制装置的分类

程序控制装置按其内部结构形式和编程方法大体可分为三类：即组合编程（也称接线编程）控制装置、可编程程序（也称存储编程）控制装置及其他类型的程序控制装置。

表33.1-1 程序控制装置在各工业部门的应用情况

应用情况 序号	应用工业部门	应 用 范 围
1	机械制造业	单机、组合机床、冷加工生产自动线、热加工生产自动线、自动化仓库和特种工艺生产线的电镀、喷漆、淬火等的自动控制
2	冶金工业	转炉、传送设备、烧结设备、冶炼设备、钢板轧机、高炉装料、自动焊机、连续铸造设备、铝锭压延机、钢管加工机和热轧精整等设备的自动控制
3	电力工业	电站调速器控制，汽轮发电机的振动监视、火电站各种热力系统的程控、水电站的顺序控制、水位自动控制和变电所的自动恢复操作等
4	石油化工工业	聚合原料输送机、原料搅拌、聚合设备、烘干机、化纤设备、注塑机、反应槽、染料槽、原料加工设备、过滤设备、称重设备和水处理等设备的自动控制
5	建材工业	混凝土预制板生产线、制材系统、防水防灾报警设备和大楼空调系统等设备的自动控制
6	煤炭工业	选煤厂、输送设备和称重计量等设备的自动控制
7	食品工业	食品加工设备、制糖设备、酿酒设备、谷料库、粉料库、饲料库、称重配料设备和各种食品成形设备的自动控制
8	公用设备	过滤净化设备、污水处理设备、空调和邮件分类等设备的自动控制
9	其他工业	造纸工业的原料打浆机和自动包装机、香烟生产线、橡胶工业的轮胎成形机和皮带成形机、军工工业的配药称重、弹壳装药和封装以及各工业部门的包装机和自动化仓库的管理控制等

2.1 组合编程控制装置

组合编程是由组合逻辑这一概念来的。因为组合逻辑电路的输出只取决于输入变量的组合，这种组合主要依靠接线来实现，而人们最初设计的继电器控制装置便是利用组合逻辑电路原理的。随着生产技术和控制装置的发展，人们又把具有记忆功能的时序逻辑电路应用于组合编程控制中，成为组合编程控制装置的构成部分。

组合编程控制装置属简易型程序控制装置，常用的有固定编程和矩阵编程两种型式。前一种型式有采用继电器的，也有采用无触点逻辑元件的；而矩阵编程型式也可分为两种：一种是利用组合逻辑原理的基本逻辑型，另一种是增加程序记忆元件的步进型。

1) 继电器控制装置

人们最早使用的程序控制装置，是电控设计人员利用触点实现与、或、非等逻辑组合的预定关系去控制输出执行元件，图33.1-1是它的框图。

这种控制装置简单、直观、易于维护、造价低。缺点是接线复杂、改变程序困难、无通用性。特别是在动作频繁的场所，由于触点易损所产生的故障会使可靠性降低。此外，由于不同的控制对象，必须单独设计、制造，缺乏灵活性、通用性，生产周期较长。

2) 无触点逻辑控制装置

它是利用无触点逻辑元件例如与门、或门、记忆、计时等按所希望的逻辑组合进行接线所构成的控制装置。图33.1-2是它的框图^[4]。

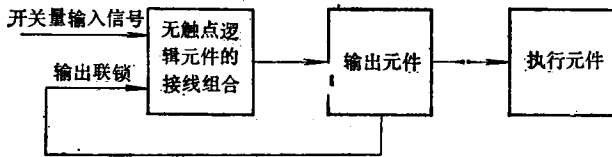


图33.1-1 继电器控制装置框图

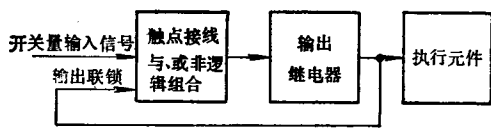


图33.1-2 无触点逻辑元件控制装置框图

控制装置由于使用了无触点逻辑元件，机械触点容易损坏的缺点乃得以克服，可靠性因而大大提高。但是，要想改变程序仍须重新改变接线，故对于不同的被控对象仍要求重新设计制造控制装置，生产周期长的缺点仍难避免。这种控制装置的详细阐述见第2章第2节。

3) 矩阵编程控制装置

矩阵编程控制装置多用作顺序控制，故亦称为顺序控制器。

(1) 基本逻辑型顺序控制器

基本逻辑型顺序控制器是在图33.1-1的基础上增加了矩阵单元，以矩阵单元为主体，在组合逻辑的基础上对输入开关量进行与、或逻辑运算，将运算结果输出去控制执行元件。这里矩阵单元的二极管对行、列母线的连接代替了继电器的触点接线，所以基本逻辑型顺序控制器改变程序时只须改插或改焊二极管的位置。因此改变程序相对来说比较容易，在一定的输入输出范围内具有通用性，但在编程时必须充分考虑开关量输入信号时间保持的长短。详见第2章5.1节^[9]。

(2) 步进型顺序控制器

它是在基本逻辑型顺序控制器的基础上，增加了中间记忆部件——步进单元，并将基本逻辑型的矩阵单元分成了输入矩阵和输出矩阵两部分而构成的。输入矩阵对输入条件进行与、或逻辑运算，并将这一逻辑运算结果送到步进单元作中间寄存，逻辑运算结果所控制的输出执行元件则由步进单元通过输出矩阵进行分配。同时现场返回信号（例如行程开关等）被送到输入矩阵去参加逻辑运算。新的

逻辑运算结果使步进单元依次转入新的程序记忆状态，通过输出矩阵使新的执行元件得电工作，如此依次完成整个控制过程。图33.1-3是步进型顺序控制器的框图。

从图33.1-3可以看出，步进型顺序控制器由于增加了中间记忆部件——步进单元，使编程和改变程序更为简单，只须在输入、输出矩阵上焊接（或插接）和改焊（或改插）二极管的位置即可达到编程和改变程序的目的，而无须考虑输入信号的竞争与冒险等问题。它在一定的输入输出

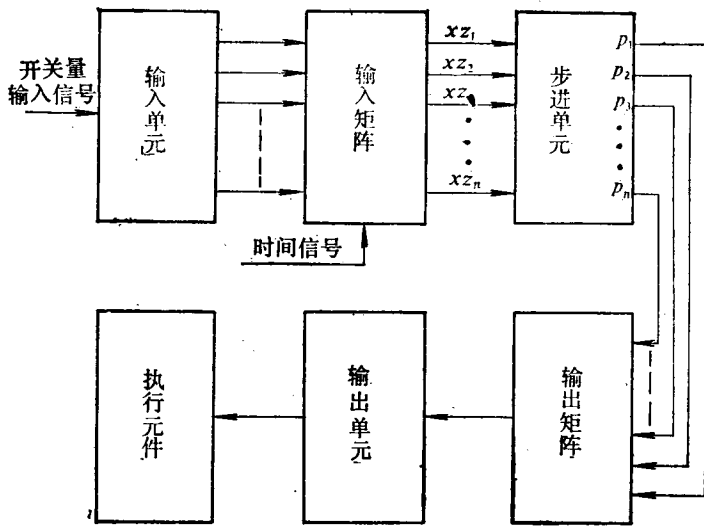


图33.1-3 步进型顺序控制器框图

$xz_1 \sim xz_n$ 第一程序步至第 n 程序步的步进信号
 $p_1 \sim p_n$ 第一程序步至第 n 程序步的输出

点数范围内具有通用性，适合于批量生产^[2]。

步进型顺序控制器又可分为条件步进型、时间步进型、多功能组合型和叠层控制型（也称集中控制型或分级控制型）四种，详细内容见第2章第5节。

2.2 可编程序控制装置

可编程序控制装置是参考计算机原理设计出来的程序控制装置，有时就称为可编程序控制器。

可编程序控制装置在发展的初期，由于它的目的是用来取代继电器，以执行逻辑运算、计时、计数等功能的程序控制为主，当时被称为可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller)，简称PLC。在日本，由于主要用于顺序控制，一般称之为顺序控制器 (Sequence Controller)，简称SC。经过四年的调研工作，1978年美国电气制造商协会 (National Electrical Manufacturers Association，简称NEMA) 给它正式命名为可编程序控制器 (Programmable Controller)，简称PC。该协会给PC的定义是：^[12]

可编程序控制器是一种数字操作的电子装置，它采用可编程序的存储器来存储指令，用以执行诸如逻辑运算、顺序控制、计时、计数和数值运算等特定功能，并通过数字量或模拟量输入/输出组件

去控制工作机械或生产过程。一部用来执行可编程序控制器功能的电子数字计算机也应属于这一范畴，但可编程序控制器不包括鼓式和类似的机械式顺序控制器。

图33.1-4是可编程序控制器的基本框图。

从图33.1-4可以看出，可编程序控制器主要由三大部分组成，即：中央处理单元、存储器和输入/输出组件。编程器属于它的外部设备。

1) 中央处理单元 (CPU)

它是可编程序控制器的核心。CPU 对存于存储器内的控制程序进行扫描，并对输入信号进行相应的运算，然后向相应的输出点发出执行该程序的控制指令。近年来，很多可编程序控制器已采用微处理器为核心构成CPU，从而增加了功能，提高了可靠性，缩小了体积，降低了成本。

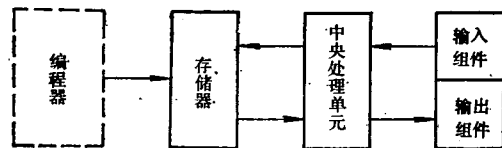


图33.1-4 可编程序控制器的基本框图

2) 存储器 它是可编程序控制器用来存储控制程序的组件，使用时，先通过编程器把控制程序输入存储器；运算时，按程序地址计数器发出的顺序，将程序一条一条地取出来执行。

3) 输入/输出组件 (I/O) 输入组件的作用是把现场输入信号转换成中央处理单元所能接受的电平信号，而输出组件的作用则是接受中央处理单元的输出指令驱动执行元件动作。

2.3 其他类型的程序控制装置

除了组合编程控制装置和可编程序控制装置之外，还有凸轮及鼓式程序控制装置和穿孔纸带式程序控制装置。

凸轮及鼓式程序控制装置是一种机械式程序控制器，改变程序靠改变凸轮的形状和开关的位置来

实现,不同形状的凸轮和开关位置使微动开关动作次序和时间就不一样,从而实现顺序控制。步进机构采用电动机,步数一般不超过25步,输入输出点数一般不超过25~30点。它的优点是构造简单、动作明确、造价低、维护容易。缺点是寿命和动作频率有限。

穿孔纸带式程序控制装置的编程是在纸带上穿孔,并借用纸带读出机构读出程序指令去完成控制过程。其优点是改变程序容易、步长不受限制(可

按纸带长度任意取步长),输入输出点数一般为20~100点。缺点是存储程序需要纸带且纸带读出机构寿命有限。

2.4 组合编程控制装置与可编程序控制装置的比较

两类控制装置的比较见表33.1-2。

表33.1-2 组合编程控制装置与可编程序控制装置的比较

装置类型		比较项目	优点	缺点	应用范围
组合编程控制装置	继电器		1.历史久,有丰富的使用经验 2.一般电控人员对继电器梯形图比较熟悉 3.触点状态容易看到,维修方便 4.抗干扰能力强 5.造价最低	1.机械触点易损坏,使用时间与可靠性成反比 2.体积较大 3.设计、制造周期长 4.无通用性 5.改变程序困难 6.不适用于复杂程序的情况	用于较简单的开关量控制,例如机床或与其相类似的被控对象的控制,也有的用以组成中、小规模的自动生产线
		无触点逻辑元件	1.可靠性高于继电器控制装置 2.与继电器控制装置相比,控制速度有了提高 3.体积比继电器控制装置大为减小,可与强电柜放在一起	与继电器编程相比,除1,2两项改善外,其他基本相同,其成本目前尚高于继电器控制装置	与前者基本相同,但由于无触点逻辑元件大大减少了机械触点,所以由它组成的控制装置可靠性高于前者
	矩阵型编程	基本逻辑型	1.使用继电器编程基本知识,一般电控人员均可做到 2.采用矩阵编程,具有改变程序的灵活性 3.造价较低 4.在一定输入输出点数范围内有通用性 5.检查维修比较方便	1.因采用组合逻辑原理控制输出,任意时刻的输出都是输入信号时间量的函数,所以必须对输入信号长短予以充分考虑 2.对复杂程序编程有困难	用于由简单程序组成的开关量控制,例如机械加工机床、建材工业机械、装卸机械控制等,一般以输入输出总点数不超过32点为宜
		步进型	1.编程简单,普通电控设计人员均能掌握 2.可靠性高,维修方便, 3.改变程序灵活方便 4.在一定条件下,有较好的通用性 5.可组织批量生产	1.在控制规模相同时,造价高于前三种机型 2.对于复杂程序及特殊工艺要求部分,设计者仍须在通用机型上进行补充功能设计	用于条件控制、时序控制、多功能组合控制和叠层控制。用于复杂单机控制时,一般以输入输出不超过64点、程序步不超过40为宜。用于叠层控制系统时,一般以输入输出不超过256点为宜
可编程序控制装置			1.采用中、大规模集成电路,可靠性大为提高 2.控制规模大,体积小 3.通用性好 4.易于大批量生产 5.程序改变容易	1.产品目前尚缺少统一的标准 2.设计、制造、使用均需具备较高的技术知识 3.初期投资高	除了用于程序控制外,还具有运算功能,能做过程控制、位置控制、比例微分积分控制等,因此可广泛用于各种不同控制领域

从表33.1-2中,可以初步了解到组合编程与可编程序两类控制装置的优、缺点及其应用范围。本篇第2章和第3章将分别介绍这两种程序控制装置。

3 程序控制装置的发展

现代科学技术的发展、特别是半导体技术的发展,推动了半导体元、器件的迅速发展。1948年世界上第一个晶体管问世;1959年开始研制集成电路;60年代开始中、小规模集成电路向大规模集成电路发展;到70年代中期大规模集成电路已能大批量生产。这一系列的新成就使得集成电路的功能越来越强,密度越来越高,体积越来越小,成本越来越低,可靠性越来越高。用这些新型元、器件组成的功能组件(或称功能板)和由这些组件组成的各类控制装置也得到了相应的迅速发展。例如,从最初只完成简单控制功能的继电器控制装置发展到目前能完成复杂控制功能的集成生产系统(IMS),这类系统对程序控制装置在控制功能、数据通信、显示、监视、数据记录和事故处理等方面的要求都远比前者高,它包括产品设计、生产加工、装配、试验和生产管理等。而满足这些功能复杂、要求高的程序控制装置就是在半导体等新技术新成就的基础上逐步发展起来的。

3.1 程序控制装置的发展过程

程序控制装置的发展曾经历了继电器逻辑控制装置,无触点逻辑控制装置,计算机程序控制装置三个阶段^[6]。

自从继电器问世以来,电控设计者就利用其触点进行所希望的逻辑组合以完成程序控制功能,它们都是根据特定对象的特定工艺流程来单独设计制造的。但这种控制装置在工艺复杂时编程困难,且装置一经制成,改变程序就很麻烦。此外,机械触点繁多,难免增大接触不良的机会,使可靠性降低,这些缺点限制了它的应用范围。

随着半导体技术的发展,出现了用各种半导体元、器件所构成的无触点逻辑控制装置,由于没有触点,提高了可靠性和控制速度。但对不同控制对象所用的控制装置仍须分别单独进行设计和制造,因此生产周期较长、程序改变的灵活性和使用的通用性等问题仍然没有得到解决。

从五十年代末开始,计算技术和计算机应用获得了较大发展,人们开始把计算机应用于工业控制。计算机具有功能完备、灵活性和通用性强、可组织批量生产的优点,但它原理复杂,需要专门的编程语言,编程技术也比较复杂,未经特殊训练的一般人员难于掌握,难于使用。而且,计算机需要输入输出接口装置和较多的外部设备,价格昂贵,对使用环境要求高,需要专用机房,这就限制了它在工业控制中的使用范围。

于是,有人提出了这样的设想,能否做成一种控制装置,使它具有计算机功能完备和灵活性、通用性强的特点,又有继电器控制装置的简单易懂、操作使用方便、价格便宜的优点。这就是以后发展而成的可编程序控制装置。可编程序控制装置首先把计算机的编程方法简化,用面向过程、面向问题的语言编程,使一般技术人员易于掌握和使用,不需在编程上花费很大精力。

这一设想,最早是由美国通用汽车公司于1968年提出,当时希望能设计制造出一种控制装置以满足如下要求:

- (1) 程序容易编制和改变,程序输入方式简单;
- (2) 容易维护和修理;
- (3) 各单元的可靠性要比继电器控制装置的高,对使用环境应无特殊要求;
- (4) 安装尺寸和体积要比继电器控制装置小;
- (5) 能与中央控制装置相互通信;
- (6) 价格要便宜;
- (7) 现场信号可直接作为输入信号;
- (8) 输出信号可直接控制被控对象;
- (9) 可以采用积木方式加以扩展;
- (10) 具有最低可扩展到4K容量的存储器。

根据上述要求,各厂商开始研究设计。次年,即1969年,美国DEC公司研制成了PDP-14机种,并在美国通用汽车公司首次应用获得成功,随后美国MODICON公司也研制出了084机种。1971年,日本从美国引进这项新技术,日立公司研制出日本第一台可编程序控制器DSC-6。过了两年西欧国家也研制出了它们的可编程序控制装置。此后,程序控制技术和程序控制装置的生产 and 应用迅速发展起来。

综上所述, 可编程序控制装置自1969年诞生到现在已经经历了四代的发展。

(1) 第一代, 完全用小型计算机原理但加以简化。其特点是采用磁芯存储器, 容量小, 一般为1~2K, 可用来代替有100~300个继电器的控制装置, 功能简单, 一般只具有逻辑运算、计时计数等功能。

(2) 第二代, 这一代的典型产品是MODICON公司1972年生产的184机种。其特点是除具备第一代产品的功能外, 尚有数值运算、数据处理、计算机接口等功能。采用了新型元器件。初步实现系列化、标准化、通用化和积木化。

(3) 第三代, 1976年开始进入了第三代, 其主要特征是采用微处理器作CPU, 半导体存储器已被采用, 进一步缩小了体积、降低成本、增加功能, 提高可靠性和灵活性。同时在规模和功能上开始向两极发展。

(4) 第四代, 可编程序控制器从八十年代开始进入第四代, 这一代产品的主要特点是: 发展强有力的数据通信功能(传输距离可达4.5公里, 传输速率可达19,200波特), 使得可编程序控制器不但可与各种外部设备(如: 编程器、CRT显示器、打印机、盒式磁带机、操作员接口等)进行通信, 而且可与上级计算机进行通信, 乃至在PC之间进行通信。从而使可编程序控制器能在分布式控制系统中用作基本控制器, 而且上层的监视管理级也采用PC, 构成全PC型的分布式控制系统, 大大扩大了可编程序控制器的应用范围, 而且提高了整个系统的可靠性。

我国从1974年开始研制和应用可编程序控制器, 据1978年统计, 当时研制、生产可编程序控制器的单位有15个, 产品约有10种, 有些产品已投入现场运行, 效果良好。

组合编程控制装置在日本及欧洲各国应用较多, 比较普遍采用的是矩阵编程的顺序控制器。

日本从1968年开始生产矩阵(插销连接)型顺序控制器, 到70年代中期已有20多个厂家生产了80多种产品, 而且约有半数产品具有停电记忆功能。

我国从1973年开始研制和使用矩阵型顺序控制器, 根据1976年统计, 当时全国有60多个单位投入了顺序控制器的研制、生产工作, 产品达60余种, 产量达1129台。到1978年研制和生产单位增至100

多个, 生产品种达80多种, 年产量约2000台。其中在70年代中期开始, 还开展了全国性和地区性的行业活动, 对顺序控制技术的交流、普及、推广应用做了大量工作。

在应用方面, 从70年代开始, 我国生产的顺序控制器已应用于机械制造、冶金、电力、石油化工、轻工、建材、煤炭和军工等部门。从控制规模看, 从各工业部门的单机控制到有100~300输入/输出点的叠层控制系统都有应用, 并且都取得了良好的经济效果。

在顺序控制器的研制和应用中, 许多单位还开展了一些专题性的研究工作。这些专题有: 系列化、标准化、通用化问题; 降低成本问题; 编程问题; 抗干扰问题; 元件选用问题等等。在这些专题研究中, 编程、抗干扰和元件选用等三个专题解决得比较好^{[6][8]}。

3.2 程序控制装置的发展动向

矩阵编程的顺序控制器, 由于设计、制造、维修简单, 操作使用方便, 有一定的灵活性和价格较便宜等优点, 所以在小规模的控制领域中仍有较强竞争力, 今后必须进一步降低成本, 否则有被小型化、低成本可编程序控制器淘汰的可能。

可编程序控制器近几年来在向两极方向发展, 目的是扩大应用范围, 占领更广阔的控制领域。一方面是向大型化、复杂化、多功能化方向发展, 以便能用来对大规模的复杂系统进行综合控制, 或构成全PC型分布式控制系统; 另一方面是向小型化、简单化、低成本的方向发展, 以便占领小型简单系统的控制领域。

程序控制装置问世迄今仅十多年, 这些年来的发展是极为迅速的。自微型计算机出现并很快扩大其应用领域后, 曾有人怀疑程序控制装置会被微型计算机所取代, 但我们认为, 在可预见的将来, 两者仍将共同发展, 互相补充。

回顾过去, 展望未来, 程序控制装置的发展动向大致是:

1) 增加程序控制功能

继续采用各种新型元器件, 以进一步增加程序控制装置的功能和各种功能板的功能密度、提高可靠性、降低成本和缩小体积。例如采用微处理器(MPU)来构成可编程序控制装置的中央处理单

元,采用半导体存储器代替磁芯存储器,采用互补型CMOS集成电路,输入输出采用光电耦合器件等。

2) 进一步提高稳定性和可靠性

主要措施有:严格控制元、器件的老化筛选;加强制造过程的工艺及质量管理;适当增加应用前的实验室考核运行时间;在硬件设计中,注意采取措施增强抗干扰能力;在制造过程中,特别是对比较复杂的产品,采用计算机辅助设计、测试、制造等先进技术来控制质量;此外为获得更高的可靠性,控制装置还应有故障自诊断功能。在国外,可编程控制器的平均故障间隔时间(MTBF)一般可达10,000小时,高的可达75,000小时。有些产品平均故障修理时间(MTTR)只有3~4分钟。

3) 发展电子组件系统,实现标准化、通用化、系列化和积木化。

不同的工业对象对控制系统在装置类型、容量和功能等方面的要求是各不相同的,为了能较好地适应不同情况,国外制造自动控制设备的公司,多年来一直致力于电子组件系统的研究、开发和应用工作,做法是:将各类控制装置中相同的功能单元做成各种标准功能组件以构成各类基本系统,然后用积木式的方法进行组合,构造各种不同的应用系统,来满足各个不同应用领域的需要。近20年来,由于生产过程自动化水平不断提高,各种新型电子元、器件不断出现,以及在标准化和安全性方面要求的提高,各公司都已形成了一套比较完整的产品发展体系,无论在功能组件、机械结构和装置系统等方面都做到了标准化、通用化、系列化和积木化^{[13][25]}。

近几年来,我国也开展了电子组件系统的研究和应用工作,并已取得初步成效。

(1) 发展电子组件系统的意义

a. 可利用各基本系统的标准功能组件进行积木式的组合,构成各种应用系统,以满足各种不同被控对象的需要,简化了自动控制系统的的设计、制造和维护工作,可大大缩短生产周期,能较快较好地地为各工业部门提供成套的控制装置和设备。

b. 可组织组件的专业化批量生产,减轻设计、工艺、备料、装配等方面的工作量,可提高效率,降低成本,提高质量,保证可靠性。

c. 可不断地吸收新元器件、新工艺、新科研

成果,在系统内部较易实现产品的更新换代。

(2) 组件系统的构成

组件是电子组件系统的基础,它由若干电子元器件组成,是在机械结构上标准化的、具有一定电气功能的基本单元。现在一般做成印刷电路板形式,也有做成封装盒形式的。

一个完整的组件系统是一个系统族,它由数字组件系统、模拟组件系统、微型计算机组件系统和一个机械结构系统所组成。而从电子组件系统的角度来看,它们可分为基本系统和应用系统两部分。

a. 基本系统

基本系统具有统一的电气和机械数据。每一个基本系统都由两类组件所组成:一类是面向功能的组件,它们是在整个应用范围内可以通用的组件,在不同的应用中,它们具有较强的重复使用能力。例如:计数器单元、译码器单元、寄存器单元等;另一类是面向应用的组件,它们是为一定功能最佳化的应用系统所采用的较复杂的组件,能满足一定的工艺过程提出的要求,例如,组合编程控制装置中的步进单元等。

b. 应用系统

应用系统由基本系统中的组件构成,它能对特定的问题在技术和经济上提供最佳解决方案,它是将多个组件组装在一个机箱或机柜中的完整装置。

(3) 数字组件系统

数字组件系统主要用来完成开关量控制,数字量控制,安全联锁保护,信号显示、处理、记录和报警等功能。数字组件系统的基本系统已经历了使用锗管(1959年~1964年)、使用硅管(1964年~1970年)、使用集成电路(1970~1978年)、使用微处理器(1978年~至今)的四代发展历程。数字组件系统一般可分为低速组件、中速组件和高速组件三档。低速组件的最高工作频率为80~100赫芝,使用抗干扰能力强的元件,具有高抗干扰性和抗破坏性,能紧靠电气机械设备工作,典型产品如:西德SIEMENS公司的SIMATIC C₁系列组件, AEG公司的LOGISTAT GO系列组件, BBC公司的SIGMATRONIC系列组件等。中速组件的最高工作频率为10k~20k赫芝,它使用抗干扰能力较强的元件,适用于中速数字控制,典型产品如:SIEMENS公司的SIMATIC C₂系列组件, BBC公司的SI

系列组件等。高速组件的最高工作频率为500 k ~ 5 M赫芝,使用高速元件,适用于有大量计数、运算和存储功能的高速数字控制,典型产品如:SIEMENS公司的SIMATIC C₃系列组件,BBC公司的IC-D和IC-C系列组件等^[22]。

由于发展了电子组件系统,有了标准功能组件和通用的机械结构部件,就很容易用积木组合方式构成输入/输出点数不同、存储器容量不同以及功能不同的系列化的程序控制装置,为设计、制造、使用和维护提供了方便。

第2章 组合编程控制装置

1 概述

组合编程的控制装置通常用以对机器或生产过程进行顺序控制,故本章采用顺序控制器这一名称。它包括近几年发展起来的顺序控制器中的矩阵型顺序控制器。它可用数字组件系统的组件构成。顺序控制器是实现开关量控制的通用电控装置,它按照预先规定的程序,对控制过程的各阶段顺序地进行自动控制。由于控制程序系借助接线安排或在矩阵上焊接(插接)二极管来实现的,故此类控制装置亦称为接线编程控制装置。顺序控制包括逻辑控制和步进顺序控制,控制过程中所处理的信号都是逻辑代数的二值形式。

任何一种组合编程的控制装置其程序或多或少都是要求改变的。新型的块式结构组件采用专用带插套的导线改变程序,而矩阵型顺序控制器则采用改插或改焊二极管的位置改变程序,它的设计就是根据控制功能需要来配置组件的种类和数目。顺序控制器和不采用矩阵单元的控制装置有同样的应用范围。但前者对被控对象有更好的适应性。

目前,组合编程控制装置在我国的工业控制装置中仍占重要地位。常用的有两种型式,一种是利用继电器、接触器触点编程的基本逻辑型控制装置,它具有结构简单,造价低等优点,在简单的控制对象中仍得到广泛应用。另一种是七十年代初期发展起来的矩阵型步进顺序控制器,它使用于解决较复杂的控制对象,具有编程简单、改变程序容易、可靠性高等优点。本章重点介绍这两类装置。

2 基本功能块

基本功能块(或称封装盒)是电子组件的一种

结构形式,每一种功能块有一定的电气功能。在结构上采用保护壳密封或用树脂灌注保护,其外部有接线端子。基本功能块可方便地构成组合编程控制装置。

实际上,最早的电子组件就是以基本功能块的形式出现的。我国的LG-1硅逻辑元件系列就采用功能块的结构形式,它的外部用塑料壳保护,元件装在小形印刷电路板上,接线通过后面的插头引出。

功能块主要用以组成中小型控制装置,它具有体积小、通用性较好、寿命长的优点,但是在各功能块间需较大量的接线^[4]。

使用功能块组成控制装置应该注意几点,一是总体设计要合理,尽量减少功能块的种类和数量;二是要考虑安装和接线方便;三是功能块和强电设备装在同一控制柜中时应考虑远离或屏蔽,避免强电干扰。

为使用户更方便使用,一种新的功能块结构形式是使用插套。它采用前面讲的插接方法,它既能保证接触可靠,而又不需用安装工具。接线端子安在功能块的前面,专用接线两端接有2.8mm×0.8mm的插套,便于自由联接。功能块的安装主要靠后面的凸出部分夹在标准型梁上,这种功能块的结构形式见图33.2-1。

典型的功能块可以西德BBC公司的SIGMATIC-TRONIC为例,它有逻辑、步进、时间、输入、输出、电源、信号等种类^[14]。这种用功能块作为构件的设计方法,在国内一些控制装置中也得到了应用。

由于功能块有典型的线路,可靠的结构和简单的接线方法,用功能块可以设计出经济的控制装置。特别在控制点数少的工业设备中可以组成体积

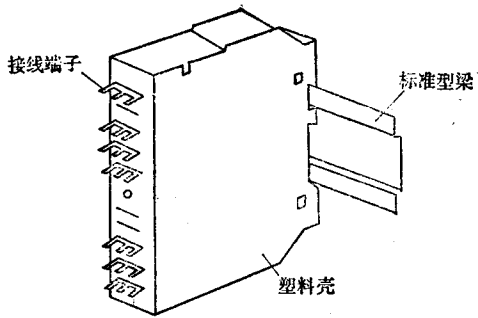


图33.2-1 新型的功能块结构形式

很小的装置来代替继电器、接触器的工作，并可以和强电设备放在同一控制柜中。在比较恶劣的环境里，例如矿山和井下的较大设备的顺控装置，也常用功能块形式组成。控制装置如果增加步进组件还可以组成所需的步进控制。

用功能块构成的较大控制装置实例有第二汽车制造厂的铸造自动生产线控制装置，望亭发电厂

的水处理控制装置等。

3 基本功能板

基本功能板通常制成印刷电路板形式，它是电子组件最普遍的结构形式，多用于中、大型控制装置。基本功能板是构成控制装置的基本单元，不同功能板的不同组合可以构成不同控制功能的控制装置。

在板上焊接（或插接）不同的集成电路元件或不同的电子分立元件，便构成不同功能的功能板。每一种功能板要求完成一种或多种功能，例如逻辑运算、计时、信号转换、信号记忆、功率放大等。

功能板的设计要注意可靠性、经济性和使用维修方便、设计线路合理、选择电子元件合理和印刷电路板布线。

基本功能板是构成组合编程控制装置的基本单元，下面分别介绍目前组合编程控制装置中常用的

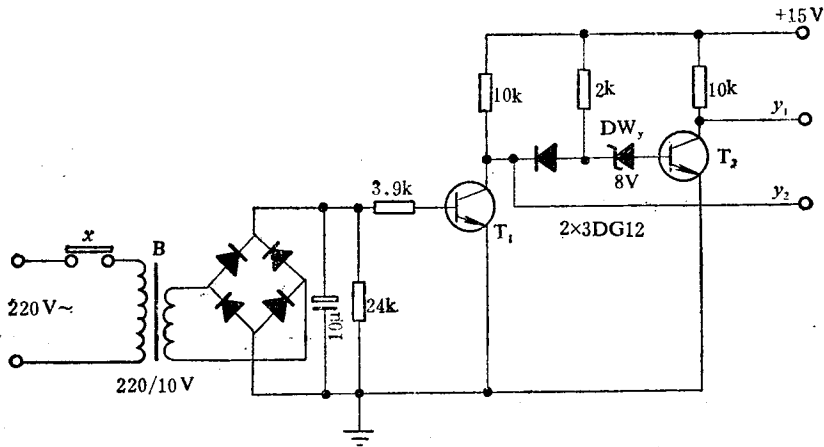


图33.2-2 变压器隔离输入单元

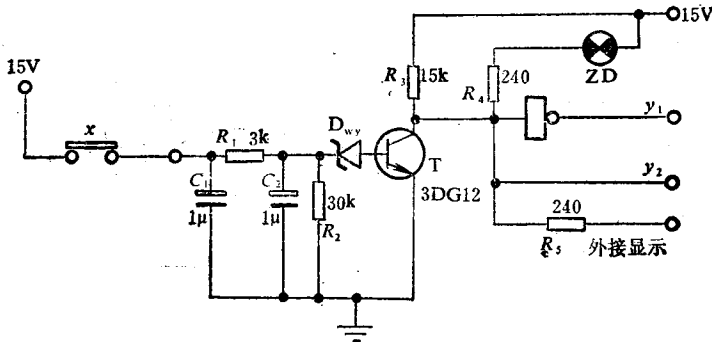


图33.2-3 晶体管电路输入单元

功能板, 重点介绍 HTL 集成电路, 主要从功能、原理方面加以说明, 所介绍的线路仅仅是国内应用的一部分线路, 其他采用 MOS 元件的电路读者可举一反三自行设计。

3.1 输入单元

输入单元的功能主要是进行信号电平转换。它把被控对象反馈给控制装置的开关量信号和其他条件信号均转换成控制系统所要求的逻辑电平信号, 此外是对干扰进行抑制或隔离。图33.2-2至图33.2-8列举了七种输入单元电路, 根据控制装置的使用环境和被控对象运行的节拍时间等可以分别选用。

图中 x 为被控对象送给输入单元的开关量输入信号, y_1 、 y_2 为输入单元送给控制装置的输出信号, 其中 $x = y_1$, $y_2 = \bar{x}$, y_1 和 y_2 只有逻辑“1”或“0”的输出。

图33.2-2的电路采用变压器隔离, 具有较强的抗干扰能力, 可作较远距离的传输。检测开关能在220伏的电压下工作。如果隔离采用继电器, 同样可达到上述目的。

图33.2-3电路中, C_1 、 C_2 和 R 组成 RC滤波网络, 对外界干扰有较强的抑制作用, 指示灯 ZD 可对输入信号 x 进行显示。

图33.2-4电路采用发光二极管和光电三极管通过光路把检测开关和控制装置联系起来, 对外界干扰信号有很强的抑制作用, 但光电二极管的电源不能与控制装置电源共地。否则, 干扰会通过地线进入控制装置, 达不到抑制干扰的目的。

图33.2-5电路采用一个与非门反相器, C_1 、 C_2 和 R 组成了RC滤波网络。它具有电路简单、经济等优点。

一个复杂控制系统内部常常需要进行逻辑运算(特别是或运算)、结果寄存等功能, 而这种逻辑运算、结果寄存信号是从控制系统内部的矩阵单元上送给输入单元和记忆单元的, 因为矩阵行线上输出电流很小, 这时就需采用输入阻抗高的电路。图33.2-6电路具有高输入阻抗, 它的输入电流只要 $10\mu A$ 。

图33.2-7电路属于无触点开关电路, 具有使用寿命长和重复精度高的

优点, 适用于频繁动作的场合。其工作原理是采用电感耦合振荡电路, 其中 L_2 是主振荡线圈, L_1 为反馈线圈, L_3 为输出线圈, 三个线圈彼此耦合。当有导磁体接近 L_2 时, L_2 停止振荡, L_3 无输出, 从而 T_2 截止, T_3 导通, 则 $y_1 = "1"$, $y_2 = "0"$ 。

图33.2-8电路采用三点式电容耦合振荡电路。调整 R_F 值即可调节振荡电压反馈的强弱, R_F 越小, 振荡越强, 无触点开关发信时需距离导磁体越近; 反之, 振荡弱, 无触点开关发信时距离导磁体可远些。

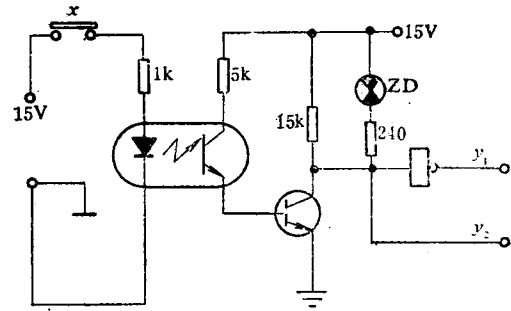


图33.2-4 光电隔离输入单元

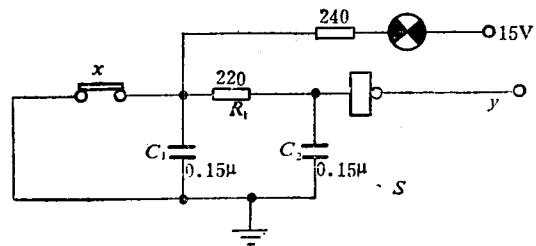


图33.2-5 门电路输入单元

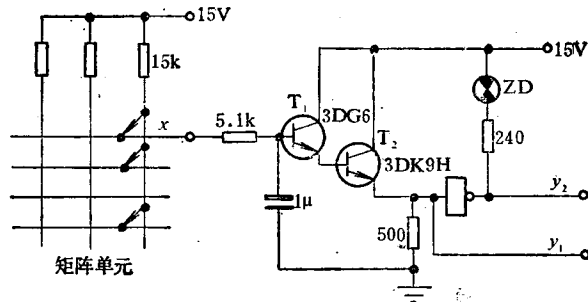


图33.2-6 高输入阻抗输入单元

3.2 矩阵单元

矩阵单元具有存储程序的作用，同时还兼备逻辑运算的能力。矩阵型组合编程控制装置改变程序的灵活性就在这里。

矩阵单元可分为输入矩阵、输出矩阵、跳步矩阵、连锁矩阵、时间预选矩阵和其他辅助功能矩阵等等。输入矩阵和输出矩阵是组合编程控制装置中的基本单元。

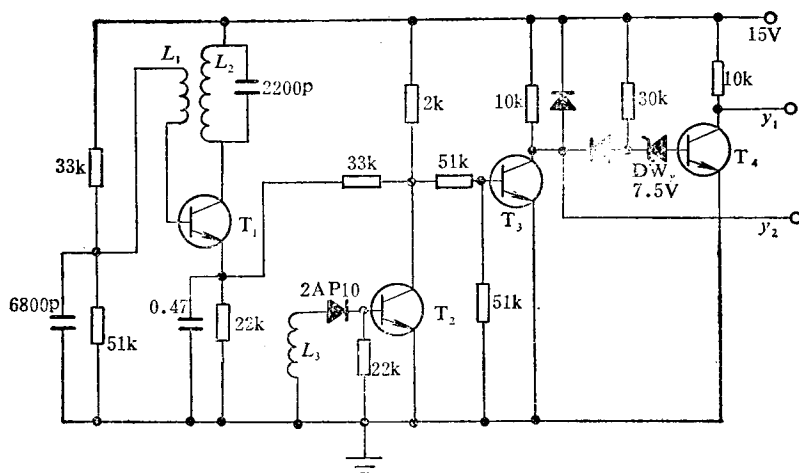


图33.2-7 无触点开关输入单元1
T₁~T₄ 3DG6D

输入矩阵对输入条件进行与、或运算后送给步进单元，使步进单元依次完成程序步的转换。输出矩阵对步进单元的输出指令进行分配，按要求顺序指挥执行元件动作，完成控制过程。

在图33.2-9中，和电阻相连接的纵线称为行母线（简称行线），排在印刷电路板的一面；水平方向的横线称为列母线（简称列线），排在印刷电路板的另一面。一般行母线和列母线数之比在 $\frac{1}{2}$ 至 $\frac{2}{3}$ 的范围内。在国内，目前一般多采用小矩阵板结构，其优点是：扩展容易，维修方便。

3.3 步进单元

步进单元是步进型顺序控制器的核心部分，它依次接受输入矩阵送来的步进信号 xz_i ，并依次改变自己的程序步记忆状态，然后将步进单元的记忆状态送给输出矩阵。它必须满足下列要求：

- 1) 对于某一程序步 p_i 而言，如果是“1”电平有效，在同一时刻只有一个输出 p_i 为“1”电平，其余输出均为“0”电平。相反，如果是“0”电平有效，则同一时刻只有一个 p_i 输出为“0”电平，其余输出均为“1”电平。

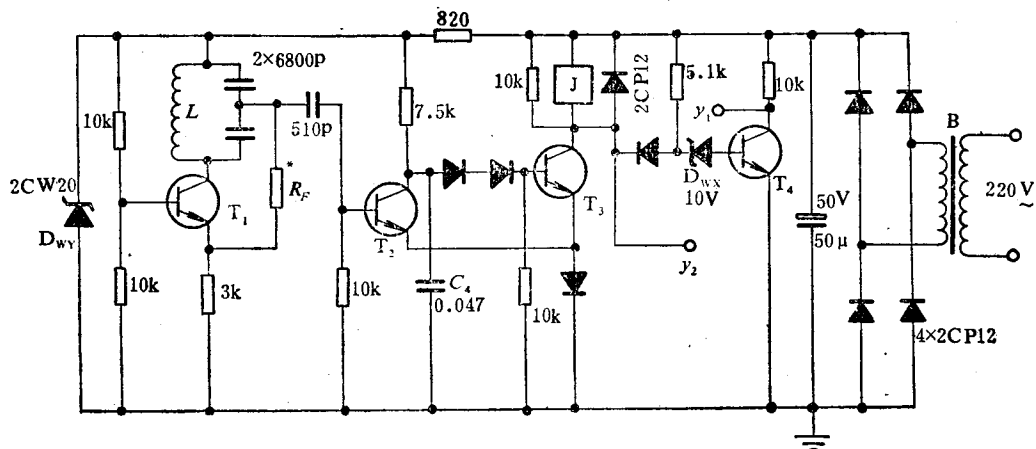


图33.2-8 无触点开关输入单元2
T₁、T₂、T₄ 3DG6D T₃ 3DG12B

2) 步进单元在 P_{i-1} 程序步工作时, $P_{i-1} = "1"$, 此时只有 P_{i-1} 程序步工作完成信号 xz_i 对步进单元有效, 即当 $xz_i = "1"$ 时, 步进单元转入 P_i 程序步。

3) 步进单元本身应具有记忆功能, 即步进单元从 P_{i-1} 程序步转入 P_i 程序步之后, P_i 与 xz_i 是否继续存在无关。 xz_i 可以是具有一定脉宽的脉冲信号, 也可以是维持较长时间的电平信号。

下面介绍三种比较典型的步进单元电路。

图33.2-10是 KSJ-210 顺序控制器的步进单元, 它把十二个程序步分成三段, 每段分别为三、四、五个程序步。它可组成 12 (3 + 4 + 5)、9 (5 + 4)、8、7、5、4、3 程序步。它具有抗干扰能力强、输出不需译码、使用元件少等优点^[2]。

在图 33.2-10 中, 三段程序步相加组成一个十二个程序步的步进单元。图中同一行上、中两排的与非门各组成一个 RS 触发器, $Q_1 \sim Q_{12}$ 是 $P_1 \sim P_{12}$ 程序步的 "1" 电平输出端, 下排的与非门 $L_1 \sim L_{12}$ 是给相对应的 RS 触置 "1" 的引导门。当 P_1 程序步工作时, $Q_1 = "1"$, 而 $L_2 = \overline{Q_1 \cdot xz_2}$, 其中 xz_2 是输入矩阵送来的 P_1 程序步的完成信号, 当 $xz_2 = "1"$ 时, $L_2 = "0"$, 使 Q_2 置 "1", 程序转入第二程序步, $\overline{Q_2} = "0"$, $\overline{Q_2}$ 强制第一触发器复位, 使 $Q_1 = "0"$ 。同理当 xz_3 到来时 Q_3 置 "1", 第二触发器复位。依此类推, 即可完成十二个程序步的循环。图中 T 是停步控制端, 当给 T 以 "0" 电平时, 程序就停在当时所处的程序步上。

图33.2-11是一个十程序步右移码计数器步进单元, 由011~052五个双与非门组成五个 RS 触发器, 由061~102五个双与非门组成五个触发器的置、复位引导门。由于只有五个记忆元件要表达出十个程序步, 这五个记忆元件就要进行组合译码。图中左上部分是译码矩阵, 右上部分是步序显示和译码输出部分, 输出为 "0" 电平有效。

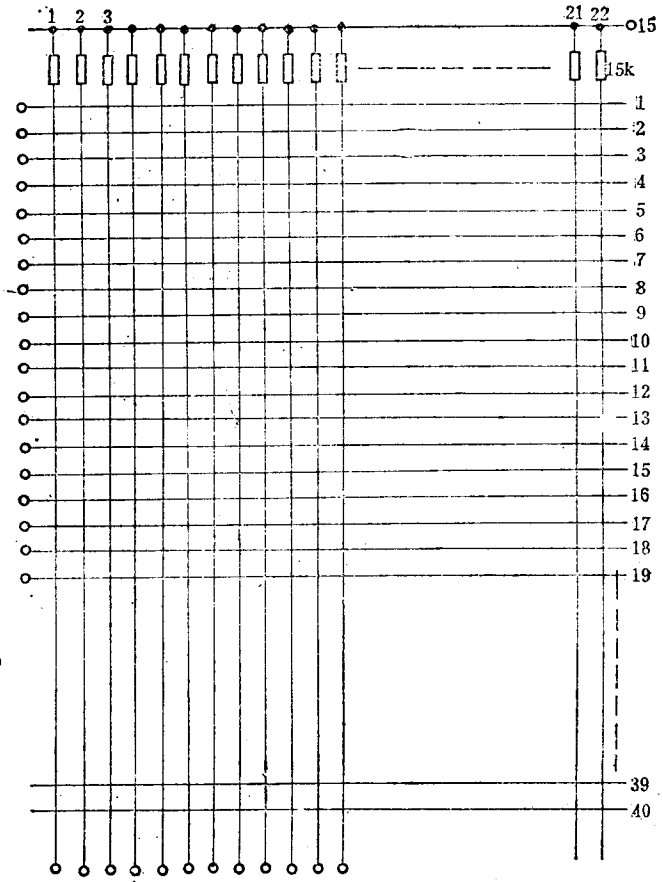
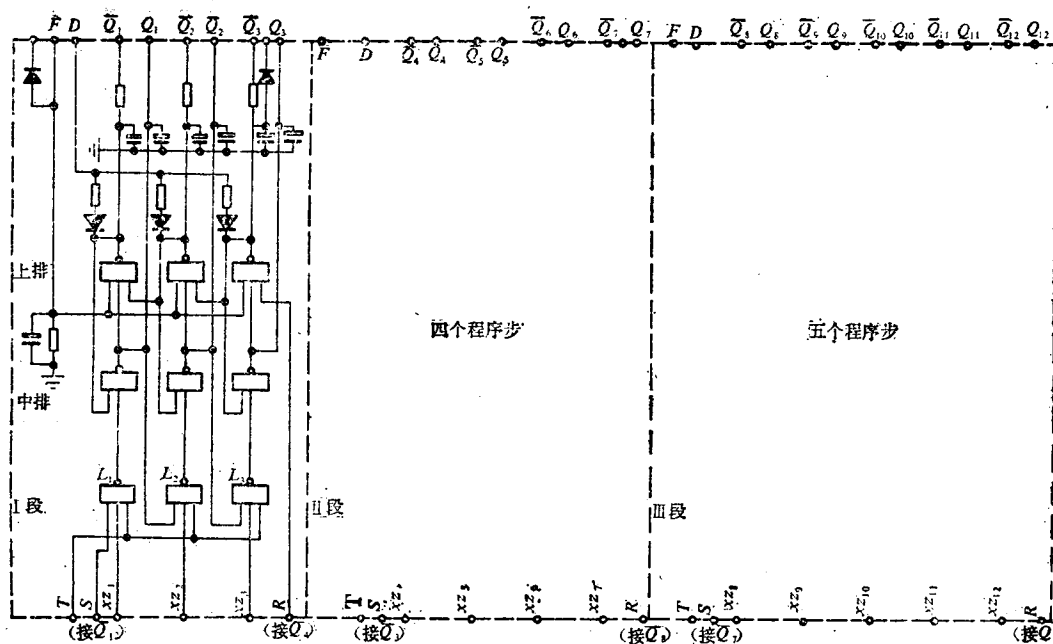


图33.2-9 矩阵单元

开机后, 由111~122门组成的开机自复位电路使五个触发器复位, $\overline{Q_1} \sim \overline{Q_5}$ 输出均为 "1"。141 和 142 门组成复位判断电路, 当141门输出为 "1" 时, 复位即告完成。复位后, 步进单元处于 P_0 程序步, 此时, 十个引导门中只有唯一的 $xz_1 = "1"$ 时才能使触发器翻转。因为 $L_1 = \overline{Q_5 \cdot xz_1}$, 而 $\overline{Q_5}$ 复位后为 "1", 当 $xz_1 = "1"$ 时, $L_1 = "0"$, 使 Q_1 置 "1", 则步进单元进入 P_1 程序步。又因 $L_2 = \overline{Q_1 \cdot xz_2}$, 当 P_1 程序步完成信号 xz_2 到来时, 步进单元进入 P_2 程序步。如此下去, 直到 P_9 程序步完成信号 xz_{10} 到来时, 步进单元完成一个循环。

图中 $D_1 \sim D_5$ 的任一输出端给 "0" 电平时, 则 $P_0 \sim P_9$ 输出均为 "1" 电平, 输出执行元件全部断电, 被控对象处于急停状态。当 D_4 、 D_5 的任一输出端为 "0" 电平时, 根据表33.2-1选择五个 RS 触发器的 R 或 S 端与 D_4 、 D_5 的连线可使步进单元置



三个程序步

图33.2-10 三门步进链型步进单元

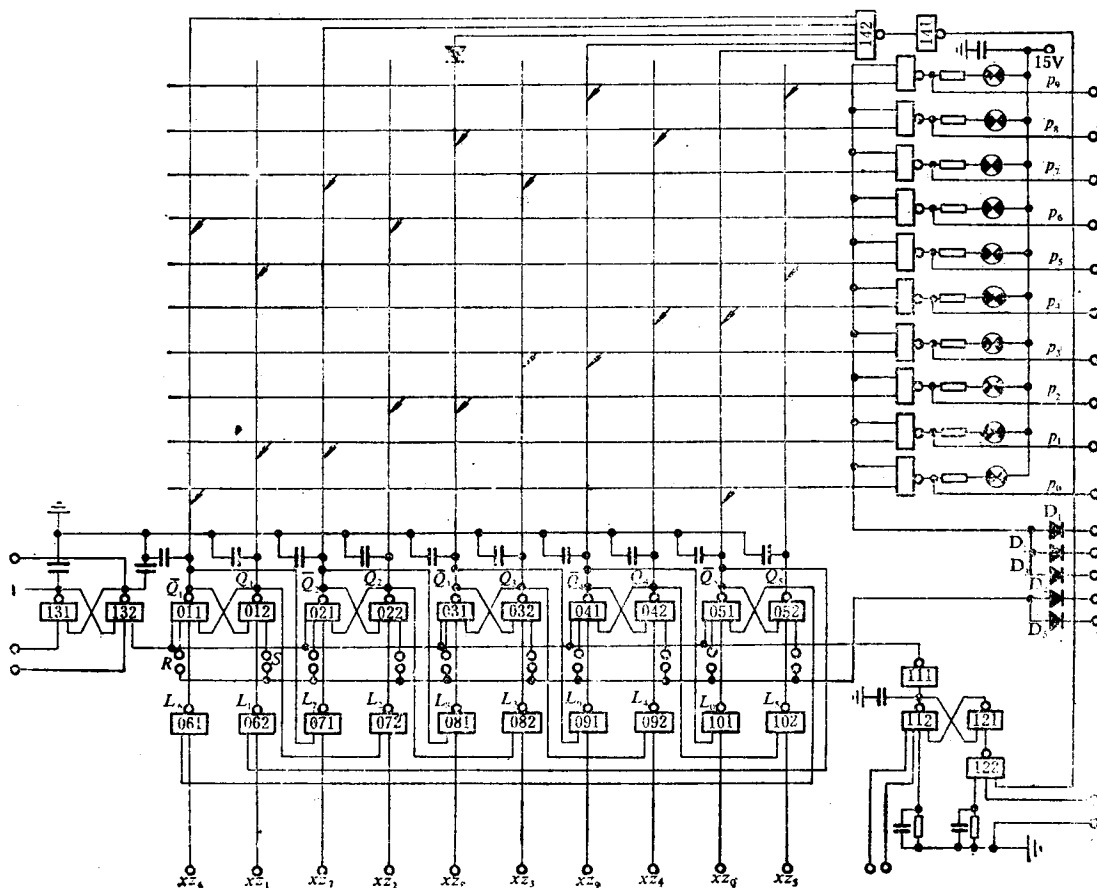


图33.2-11 右移码计数器步进单元

向任意程序步，这一功能称为向安全步置退。它的意义是在被控对象运行时，在它的全部程序步中总可以找到这样一个程序步，在这一程序步中，全部输出执行元件均做退回动作，当出现事故时，用手

强制步进单元进入这一程序步，可保证设备和人身安全。

图33.2-11 步进单元程序步译码表见表33.2-1。

表33.2-1 右移码计数器步进单元程序步译码表

程序步 P_i	转入本程序步 输入条件 xz_i	RS 触发器 状态					$P_0 \sim P_9$ 程序步代码
		Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	
P_0		0	0	0	0	0	$\overline{Q_1} \cdot \overline{Q_5}$
P_1	xz_1	1	0	0	0	0	$\overline{Q_1} \cdot \overline{Q_2}$
P_2	xz_2	1	1	0	0	0	$\overline{Q_2} \cdot \overline{Q_3}$
P_3	xz_3	1	1	1	0	0	$\overline{Q_3} \cdot \overline{Q_4}$
P_4	xz_4	1	1	1	1	0	$\overline{Q_4} \cdot \overline{Q_5}$
P_5	xz_5	1	1	1	1	1	$Q_1 \cdot Q_5$
P_6	xz_6	0	1	1	1	1	$\overline{Q_1} \cdot Q_2$
P_7	xz_7	0	0	1	1	1	$\overline{Q_2} \cdot Q_3$
P_8	xz_8	0	0	0	1	1	$\overline{Q_3} \cdot Q_4$
P_9	xz_9	0	0	0	0	1	$\overline{Q_4} \cdot Q_5$
P_0	xz_0	0	0	0	0	0	$\overline{Q_1} \cdot \overline{Q_5}$

图33.2-12是由四JK 触发器组成的步进单元电路，它经译码输出构成十六个程序步。这种单元节省元件、造价低，而且与前两种步进单元有两点不同。一是图33.2-10和图33.2-11电路的每一程序步 P_i 记忆元件都有自己引导门与输入矩阵送出的相应 xz_i 相对应，而图33.2-12由于是计数器型步进单元，它的计数脉冲输入端只有一个，所以步进脉冲控制门02的输出是输入矩阵全部 xz_i 之和，即 $02 = xz_1 + xz_2 + \dots + xz_{15}$ 。另一不同是图33.2-12电路是步进脉冲触发的，所以从输入矩阵送来的步进脉冲控制信号 xz_i 的波形必须经过严格整形处理才能保证可靠工作。

除上述三种步进单元电路外，尚有利用D触发器、移位寄存器和可控硅组成的步进单元电路^[8]。

3.4 输出单元

输出单元接受输出矩阵送出的输出指令推动输出继电器（或电磁阀）使执行元件完成控制过程。

下面介绍五种输出单元电路。

在图33.2-13电路中， R_1 、 D_{WT} 、 R_2 及 T 组成

了 T_1 的射极负载电路，当输入为“1”电平时，使 T_2 导通，继电器 J 吸合。这种电路参数的选择必须保证 T_2 有足够的基极电流 ($>3mA$)，使 T_2 在深度饱和状态下工作。 T_1 、 T_2 的 β 值一般选择在 $50 \sim 100$ 。这种电路使用元件少、造价低。

图33.2-14电路由一个施密特触发器和一个放大器组成。当输入“0”电平时， T_2 截止， T_3 导通， T_4 截止，继电器不动作。当输入为“1”电平时，则 T_2 导通， T_3 截止， T_4 导通，继电器 J 吸合。此电路也可作为电平比较电路。

图33.2-15电路有两种输出方式，一种是将①②连接的继电器输出，当 T_2 导通时继电器 J 吸合。另一种是无触点输出，①②不连接，而将 T_2 的集电极 A 和发射极 B 分别与 T_3 集电极和基极相连接，使 T_2 、 T_3 作为一个复合管使用，如图虚线所示。这时 T_3 基极就有足够的注入电流 I_b ($>100mA$)，从而有较强的负载能力，能直接推动电磁阀门。

图33.2-16电路与图33.2-15大体相似，但其输入为“0”电平有效。当 T_1 输入为“0”电平时， T_1 截止，通过 R_2 、 D_1 使 T_2 导通，继电器（或电磁阀）