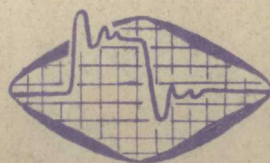


# 程控与群控

(上册)



无锡市革命委员会工农教育办公室

敝控师资训练班编

1976·12



# 概论

遵照伟大领袖毛主席的教导：“我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。”我国工业战线和其他各条战线一样，正在以阶级斗争为纲，抓革命，促生产，朝着现代化的目标奋勇前进。

工业要现代化，就离不开生产自动化。

目前全国各地的工业生产，正在蓬蓬勃勃地开展着电子自动控制的技术革新运动。电子自动控制设备遍地开花，喜讯频传，形势大好。

那么，电子技术是怎样实现对生产过程的自动控制呢？

为了回答这个问题，首先看看工人在操纵机器过程中要做哪些事情，然后让电子设备能模仿（模拟）人的类似动作，问题就基本解决了。

工人为了准确、无误地操作机器，至少要进行下列几个基本活动：

- 一、记忆——记住机器有几道工序；
- 二、观测——随时了解机器正在做什么动作；
- 三、分析——查清楚现在这道工序的内容，要用多长的时间等；
- 四、判断——下一道应转向什么工序；
- 五、执行——动手操作。

如果电子设备能够模拟人的这些类似活动，这部电子设备就可以像人一样去准确、无误地控制机器动作。特别要提到的是，电子设备不只是模仿人的外表动作（如伸手、招手），更重要的是能模仿人的记忆、观测、分析和判断的能力，而人是用脑子的思考来实现这些机能的，我们把它

统称之为“逻辑功能”。

电子设备必须具有这种“逻辑功能”，否则不能实现电子自动控制。那么，能不能做到这呢？可以的。电子计算机的问世，表明人们已经在电子技术中解决了这个问题。实现“逻辑功能”的关键部件，就是设计成功各种类型的数字“逻辑电路”。应该提醒一下：电子逻辑电路充其量不过是模拟人脑的一些简单、低级的思考过程，并不能代替人的所有的复杂思考活动，更不能具备人所持有的主观能动能力。逻辑电路本身是很机械的，要靠人来安排。

下面就来初步研究一下，怎样实现用电子设备代替人的操作控制。

上面提到人在操作中要进行的几个基本活动，只是一般性的。如何具体表现为操作活动，还与机器的实际情况有关。如果机器本身只有少量简单动作（如只会上升、下降等），则工人的操作工作量很大而且动作复杂，劳动强度高。我们设法把机械自动化的程度提高，多代替一些人的操作。譬如加装机械手，把各道工序中很多动作都交付机械机构来执行，再接上相应的继电器电气线路，去控制电磁气阀或液阀，带动机构动作。这样，工人要做的事，只剩下按一定顺序，并控制一定时间，去扳动几个接关开关就行了。这就是半自动化生产过程。工人的操作量少了，劳动强度也大大减轻。在这个基础上，就很容易实现电子全自动化控制了。因为，这种“顺序、定时接通一系列开关”的动作，完全可以由数字逻辑电路来当担。这样一种电子设备，就叫做“电子程序控制器”，简称“电子程控器”或“程控器”。

根据上述思想，可以拟定一个电子程控器的基本框图，如图1所示。



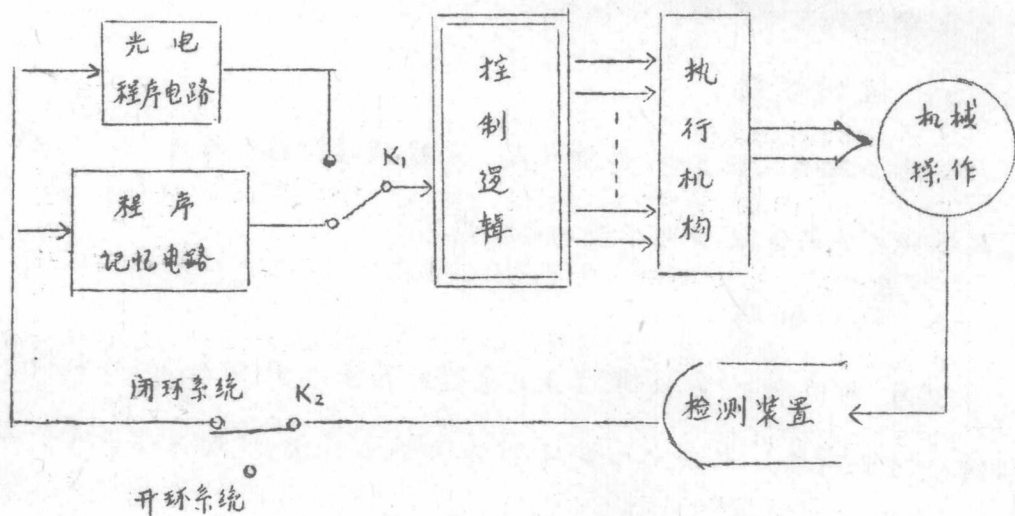


图 1 电子程序控制器的基本框图结构

图中分四个组成部分：

#### 一、程序记忆电路或者光电程序输入电路。

这部分相当人的记忆机能。它能“记住”机器要做的各道基本工序。开关  $K_1$  板在不同位置，体现了两种类型的程控器。

“光电程序输入”式，就是将各道工序打孔在一条纸带上，叫“程序纸带”。通过光电输入电路把各道工序的内容送进程控器中。这类程控器的电路结构较简单，但须设置一套穿孔机构和光电输入走纸机构，设备比较复杂。

采用“程序记忆”式，就是把多道工序用电子逻辑电路来“储存”。这类程控器轻巧、灵活，速度快，可靠性和稳定性好，是目前广泛使用的一种。

什么叫“程序”？这是从电子计算机中借用来的术语。在计算机中，“程序”的概念就是执行一个任务（如解一道算题）所使用的各条指令的总称。通俗说来，就是计算机解题的“工作顺序”。引用到程控器中，“程序”的含意，就不那么严格了。通常理解为：根据生产工序的过“程”，按给定的顺“序”进行操作控制，就叫做“程序控制”。换句话说，“程序”就是按生产的目的

和要求,进行加工的各种内容和步骤的总称。

## 二、控制逻辑。

这部分相当人的分析、判断机能。是程控器的核心部件。它“指挥”着程控器依照人的意愿,进行正确的自动控制。

## 三、执行机构。

就是“执行任务”的机构。主要包含继电器系统和相应的动作机件(如电磁阀,步进电机等)。在地位上是程控器的输出通道,体现操作的对象。从功用上看,是将电信号变为机械动作的转换装置。

## 四、检测装置。

这部分相当人的观察、测量机能。它将机器操作的情况,随时“汇报”给程控器。也就是提供执行动作的“回答信号”。

也有不用检测装置的(开关板到空位置)。在这种系统中,已把事先规定好的多道工序进行的步骤和时间,统统存在“程序记忆电路”或“程序纸带”中。于是程控器所发送的控制信号,只决定于程序输入信号,而与执行机构的操作结果无关。这类系统叫“开环系统”,其电路结构简单,但控制量(如控制时间长短)的精确度不高。多用在单一工序的简单控制设备中。

采用检测装置的程控器,它的每一步控制信号不单决定于程序输入信号,同时还与操作结果有关。也就是存在一条“反馈”通道,把输出与输入联系起来。构成“闭环系统”。于是系统发送的程序控制信号,随时与检测到的实际操作结果进行比较,自动校正误差,因而能得到较高的加工精度。

上面讲的是在一台机器上进行自动控制的情况,属于“单机程控器”。如果将很多台(几十台以至上百台)单机的程控器联合起来,实现群机的自动程

序控制,就是“群机程序控制机”,简称“群控机”,它已经相当于一台专用的电子数字计算机了。群控机是单机程控器的进一步发展。

前面只是很简略地描绘了一下电子程序控制器的基本结构。很多具体部件(如驱动、显示等)没有涉及到。目的是首先获得一个初步概念,便于往后分别做详细、深入的讨论。

本课程首先介绍单机程控器,重点分析通用程序控制器的原理与总逻辑图。为了扩大眼界,还介绍了几种“专机专用”的程控器。

然后讨论群控机的构成和工作原理。我们重点以无锡金笔厂的群控机为典型产品进行分析。

整个的讨论,着重在程控器的设计方法介绍。也就是阐明如何从生产实际命题过渡到逻辑形式的描述,这对逻辑设计者是有普遍意义。但要说明的是,一个数字系统的设计方法,目前还缺乏完整的、成熟的资料。本书只不过提供几个工厂在技术革新中,创制一些程控器所积累的有关设计经验,供学习者交流参考。这方面还应当继续向工人师傅学习,在开展电子自动化的群众运动中,不断地丰富和发展我们自己的新鲜成果。

# 第一编 程序控制器

程序控制器是一种简易的电子自动控制设备。它具有结构简单,使用方便,容易掌握和成本低等优点。已被广泛应用于工业生产的各个领域。如金属冶炼、热处理控制;化工反应流程控制;温度自动调节;机器操作中的注塑机、印刷机、羊毛衫针织、手套编织、被服绣花、搪瓷喷花、变压器线包绕线和各种机械手的控制;生产自动线上的电镀、染色和包装;以及冲床、钻床、刨床、铣床、车床和各种组合机床的控制等。简易的通用程序控制器还特别适宜于中小规模的自动化生产。

下面就从程序控制器的构成开始,讨论程序控制器的结构、原理和使用等问题。

## 第一章 程序控制器的设计思想

我们以塑料件的成型生产为例来说明。塑料件的成型过程用的是“注塑机”。现在的问题,就是如何为注塑机配置一台自动程序控制的电子设备。讨论围绕的中心,是程序控制器的设计思想。

### §1 从工艺流程到逻辑流程

任何设计,都应当从生产实际出发。我们先来调查一下这部注塑机的生产过程。

#### 一、先了解工艺流程

生产过程可以用工艺流程图一目了然地表达出来。图1-1便是注塑机的基本工艺流程图(已经简化了)。它表明了各道工序的操作内容和步骤。

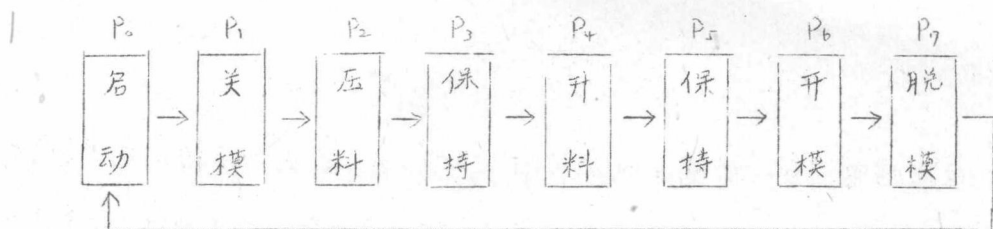


图 1-1 注塑机的工艺流程图

为了使讨论适合一般情况起见,我们将各道工序内容用符号 $P$ 表示,并注上数字下标,如图1-1各方框上端所示。我们把 $P_0, P_1, \dots$ 等叫做工序“状态”。于是又可以改画成图1-2所示的“工序状态流程图”,简称“状态”图,它适合于一般工

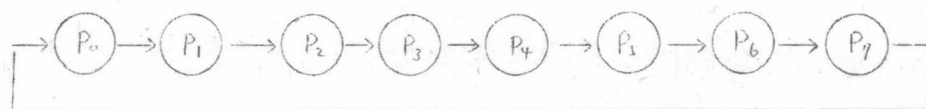


图 1-2 工艺流程简图

艺流程。特别是遇到生产工序繁多,并且工序之间有相互交错的复杂情况,用状态图表示,比较清晰而且画图简便。

工序状态流程图只反映生产工序的实际问题,还不能用它直接构成程控设备所需要的逻辑框图。为了得到“逻辑”的框图,还必须过渡到经历一个从实际问题过渡到逻辑形式的过程。实际上,能不能掌握逻辑设计,很关键的一环,就在于是否善于处理和解决好这种过渡。

## 二、几个逻辑术语的意义

逻辑单元 —— 就是单元电路(如门电路,触发器等)的逻辑符号,它是逻辑框图中的基本符号。

逻辑部件 —— 一般是用逻辑单元构成的中等逻辑框图,如寄存器,计数器,译码器等。



逻辑框图——是指设备系统的大逻辑框图或总逻辑框图。是逻辑设计的目标。是确定硬件(器件、元件等)电路图的依据。

逻辑设计——运用各种逻辑单元和逻辑部件,按设计目的进行结构连接,组成正确的逻辑框图。可见,逻辑设计实质上就是逻辑框图的“结构设计”。

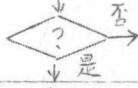
## 二、过渡到逻辑流程图

为了便于掌握逻辑设计方法,建议使用和学会画“逻辑流程图”。设计实践表明,逻辑流程图是从实际问题到逻辑形式的一种很有效的过渡工具。那么,什么叫“逻辑流程图”呢?

逻辑流程图也是从计算机的设计中学来的。它是从事计算机逻辑设计人员广泛使用的一种“逻辑描述”方式。下面来介绍逻辑图的画法。

逻辑流程图使用了一些框图符号。将这些框图符号按一定目的连接起来,便能表达一台控制设备进行逻辑操作的总过程。也叫做“程序框图”。最常用的框图符号有4种,符号意义见表1-1所示。

表1-1 逻辑流程图的框图符号意义

| 框图符号                                                                                | 意 义           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|  | 启动; 起始操作。     |
|  | 中间操作。         |
|  | 判决, 程序分枝。     |
|  | 结束; 转向其他某种操作。 |

下面我们就用逻辑流程图来描述注塑机的工艺流程。

要说明的是,逻辑流程图是为设计程控器的逻辑框图服务的。因此,它不能只象工艺流程图那样,把多道工序的操作步骤列出来就算完了;还应当表明每步操作中的各种控制条件。而逻辑设计的任务正是要解决这些问题,否则设计出来的逻辑框图不能正确反映生产上的工艺流程,也就达不到准确控制的目的(叫做控制设备有“逻辑错误”)。

本注塑机的工序比较单一化,逻辑流程图的结构,与工艺流程图的结构基本相似,只是对每道工序操作所占用的时间有一定要求,因此,须把时间控制条件反映出来。

我们用字母  $T_0, T_1, \dots, T_7$  分别表示工序  $P_0, P_1, \dots, P_7$  所占用的时间。例如,“关模”( $P_1$ )这道工序,要求占用时间  $t \geq T_1$ ,如果没有达到  $T_1$  这段时间,便转入“压料”( $P_2$ ),必造成废品。所以,控制时间量是很重要的。

另外,“脱模”( $P_7$ )这道工序不好把时间定死,要具体视成品件是否已从模中脱落为转移。所以  $P_7$  工序,不是规定时间控制,而是以成品是否脱模为准。我们用逻辑变量  $J_7$  的状态来表示脱模情况。

成品已脱模  $J_7 = 1$

成品未脱模  $J_7 = 0$

于是可以画出注塑机实现程序控制的逻辑流程图,如图 1-3 所示。

说明几点:

1. 通常把操作工序  $P_0, P_1, \dots$  等称做程序控制器所处的“操作状态”。简称“状态”。

2. 逻辑流程图体现了出现某种(操作)状态所应具备的条件。如出

现 $P_2$ 必定在已出现 $P_1$ 之后,并且满足 $t \geq T_1$ 这个时间条件。又如重复出现 $P_0$ ,必定在出现 $P_1$ 之后,并且一定要满足 $J_T=1$ 这个逻辑状态条件。

3、逻辑流程图清晰地表明了各操作状态之间的控制关系;而这正是为设计逻辑框图,所必须事先占有的材料。

4、逻辑流程图是用“逻辑形式”来描述控制过程的一种工具,是“逻辑描述”形式的一种(还有其他的逻辑描述形式,如逻辑函数,真值图等)。它可以比拟做语句组成。框图符号相当一些单词,逻辑流程图就好像用单词构造一句话,不过这句“话”是用“逻辑形式”来“讲”罢了。

5、画逻辑流程图是有灵活性的,根据逻辑设计的具体需要,可简、可详。

下一步的工作,就是如何依据逻辑流程图,来拟定程序控制器的逻辑框图了。

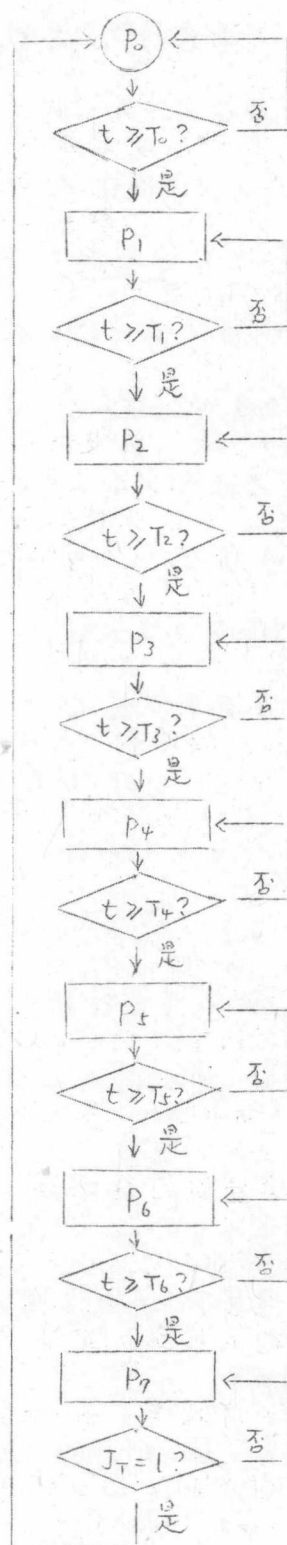


图1-3

注塑机程序控制的逻辑流程图

## §2. 从继电器控制到逻辑控制

怎样从逻辑流程图继续过渡到逻辑框图呢？

为了便于理解，我们先回到早期继电器接点控制的方案上，看看是否能得到一些启发。

为简便计，设生产工序只有4道 $P_0$ 、 $P_1$ 、 $P_2$ 和 $P_3$ （工序更多时，情况类似）。並设控制信号是通过4个执行继电器 $J_0$ 、 $J_1$ 、 $J_2$ 和 $J_3$ 的接点开关去控制执行机构（如电动机、离合器等等）动作的。

根据逻辑流程图，（图1-3），4道工序是依次顺序转换的。可以用“步进继电器”的4个接点，顺序接通4个执行继电器 $J_0$ 、 $J_1$ 、 $J_2$ 和 $J_3$ 线圈的电源就行了。于是可以画出图1-4所示的方案。

仅仅实现依次接通执行继电器是不够的。因为按逻辑流程图，每一道工序需占用一定的操作时间 $T_0$ 、 $T_1$ 、 $T_2$ 和 $T_3$ 。为此，必须加设时间控制措施。图1-4中4个按钮开关 $AN_0$ 、 $AN_1$ 、 $AN_2$ 和 $AN_3$ 就是用来实现时间控制的。工作过程叙述如下。

开机后，步进继电器BJ的接点置于“0”位置，开始 $P_0$ 工序。电源E接通执行继电器 $J_0$ ，接点吸持， $F_0$ 有输出，执行第 $P_0$ 工序操作。当操作时间达到 $t \geq T_0$ 时刻， $AN_0$ 接合，则BJ通电，步进接点从“0”跳到“1”位置，进入 $P_1$ 工序。于是 $J_1$ 通电，（ $J_0$ 复归）， $F_1$ 有输出，执行 $P_1$ 工序操作。……如此下去，直到 $AN_3$ 接合，BJ通电，使步进点由“3”回跳到起始“0”位置，又重复完成各道工序。就这样不断往复，实现了程序控制。



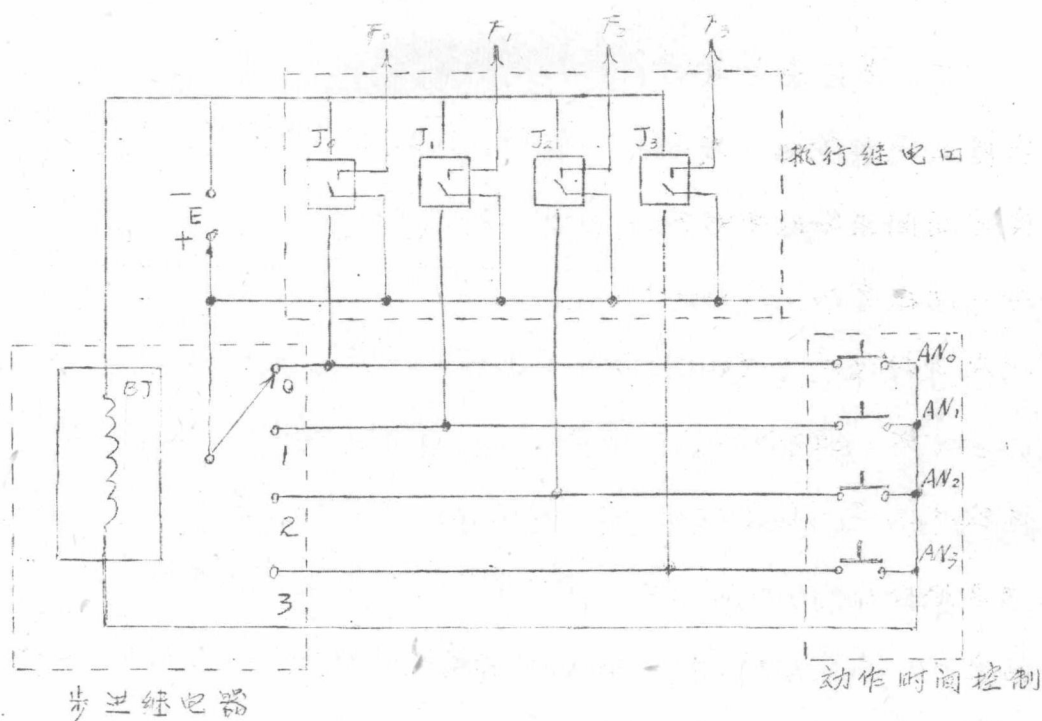


图1-4 继电器接点程序控制器方案

上面有一个问题未解决，怎样实现按钮开关  $AN$  定时接合呢？显然，开关  $AN$  应当受执行机构的控制。为此，加设一个“检测装置”（如限位开关，光电元件等），它能给出执行机构操作结果的“回答信号”。用这个“回答信号”去控制开关  $AN$  就行了。

我们的目的是想从继电器控制系统中获得结构设计上的启发，设法革掉“触点开关”的方案，用“无触点开关——逻辑电路方案”来替代。怎样完成这一替代呢？

这两种方案要完成相同的程序控制作用，就必定有同一性，这种同一性就表现在控制信号系统是一致的。那么我们按照控制信号形式画一个更一般的逻辑框图方案来。

考虑如下：

### 一. 步进继电器BJ

实际上是顺序地、按一定时间间隔输出高电平。分别用程序  $P_0$ 、 $P_1$ 、……代表这种波形，便如图1-5所示。通常叫做“顺序脉冲信号”（按时间顺序输出脉冲），也叫“节拍信号”。

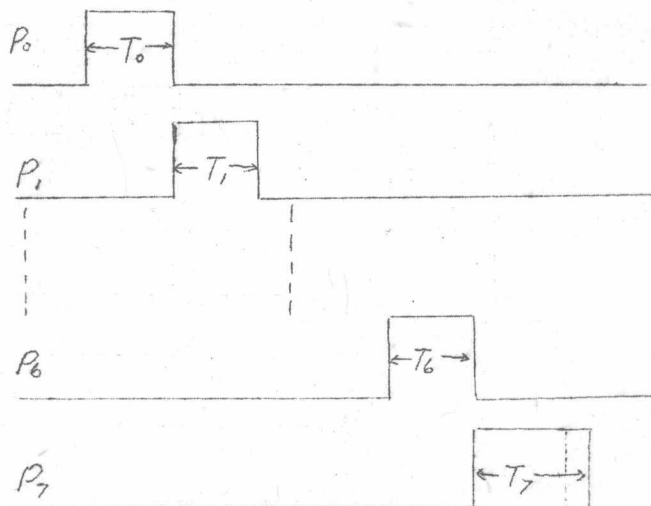


图1-5 时序脉冲信号

不过这种时序脉冲的宽度各自不同罢了。可以用一个“时序脉冲产生器”电路来实现。

二. 开关M系统用一个“时间量控制电路”实现。

三. 加一个“检测装置”电路，它输出操作结果的“回答信号”，去控制“时间控制电路”。

四. 再加一个“步进控制电路”，它根据“时间控制电路”的信号，去控制“时序脉冲产生器”，使它输出的时序脉冲，能够分别满足时间宽度的要求。

五. 执行继电器系统是一个将电信号变为机械动作的转换装置，是工业控制系中少不了的装置，仍保留原来结构。

按照上述考虑，便可以画出一个能体现控制方案的方框图来。它在表明控制信号之间的关系上，要比概论中图1所示的方框图更具体了。下一步，就是为图1-6中每一个小方框，按其功能设计出具体的逻辑电路来，问题就都解决了。

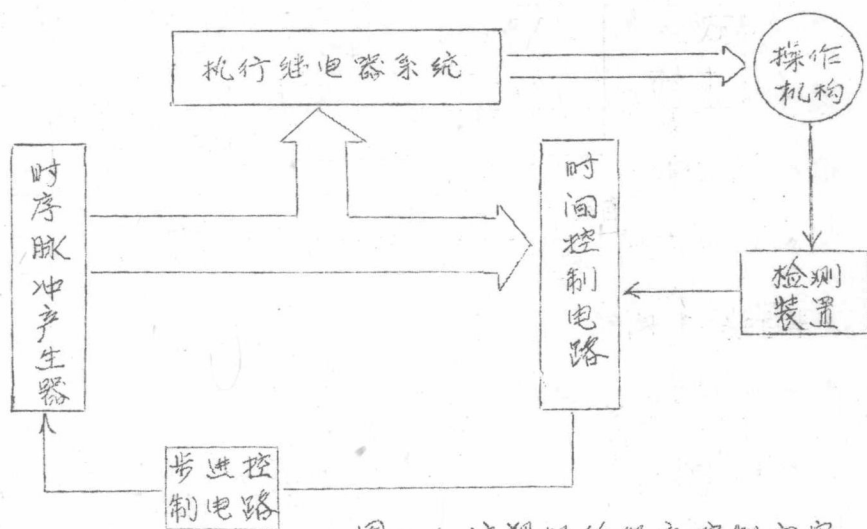


图1-6 注塑机的程序控制方案

具体的设计方案可以有很多种。应当鼓励各个设计者的创造精神。

根据注塑机的操作要求，虽然需要控制总道工序的时间，但对时间宽度的精度要求并不高；另外，其工序比较单一化。因此，通常采用单稳程序控制方案就可以了。下面具体介绍这种方案。

### §3. 注塑机单稳程序控制方案

现在的问题，就是用单稳多谐振荡器来产生图1-5所示的时序脉冲信号。这一点并不困难。只需将多级单稳连接，用前一级单稳产生的延时脉冲方波的后沿负实跳，去触发下一级的单稳，这种一级一级依次触发，便能得到时序脉冲信号。图1-7就是注塑机用单稳实现程序控制的方案。电路全部采用硅晶体管分立元件构成。

下面着重说明单稳方案中，要解决的两个技术问题。

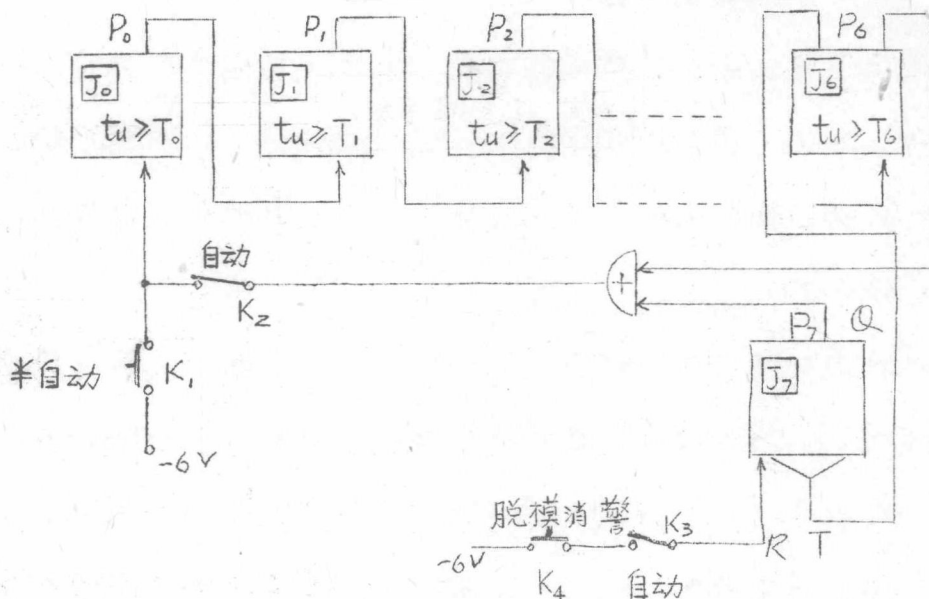


图1-7 注塑机单稳程控器

一个是电路技术问题；

在注塑生产，或者其他工业生产中，各道工序的操作时间都是很长的（与数字电路的工作时间相比），达几秒、几十秒乃至几分钟等。因此单稳电路用来产生脉冲宽度的暂稳态的持续时间，也应当很长。通常采用“长延时单稳”电路。对应 $P_0$ 、 $P_1$ ……等输出脉冲的单稳宽度 $t_u$ ，根据各道工序规定的 $T_0$ 、 $T_1$ ……等时间要求来设计。

另外，每个单稳电路都加有正负两种电源电压。如果一开机，正电压先建立，则继电器丁一边的晶体管可能先导通，使丁先吸一下，待负电压建立后，丁再释放。这种开机“先吸一下”的现象是生产中不希望有的。为此应当保证一开机，负电压先建立。一种行之有效的简单办法，就是使负电流的滤波器电容量小于正电流的电容量便行了。

另一个是逻辑技术问题。

就是在逻辑上保证注塑成品脱模了以后，才能重新进行下一次的 $P_0$ 工序。为此，脱模工序 $P_2$ 设置一级双稳电路。双稳的 $Q$ 输出端与 $P_0$ 单稳的输出端，通过一个“负与”门再接到 $P_0$ 单稳触发端。脱模监视过程如下：

平时双稳处于“0”状态， $J_7 = 1$ ，（ $J_7$ 断电）。当 $P_0$ （开模）工序开始时， $J_6$ 通电吸合，执行开模操作。同时由 $J_6$ 一端输出一个负跳边，经双稳的 $T$ （计数）触发端，使双稳翻转成“1”状态，即， $Q = 1$ 。而 $J_7$ 通电吸合，即 $J_7 = 0$ ，执行脱模操作。当 $P_0$ 单稳宽度达到 $t_{d1} \geq T_6$ 时，恢复稳态，并输出一个低电平到“负与”门。但由于 $Q = 1$ ，“负与”门仍被闭锁（没有负突跳输出）。直到塑料成品脱落，使消警开关 $K_2$ 接通， $R$ 端（置0端）有一负突跳信号使双稳再转为 $Q = 0$ ，而 $J_7 = 1$ ，“负与”门才输出一个负突跳信号，去触发 $P_0$ 单稳。于是重新开始下一次的注塑工序。

在图1-7中，如果“自动”开关 $K_2$ 与 $K_3$ 打开，则可以不用双稳。利用 $K_1$ 开关进行人工（半自动）脱模监视。

下面再从两个实例看程控器的构成。

## §4. 冲床拨盘式程序控制方案

一、由工艺流程定出逻辑流程图。

冲床的工艺流程见图1-8。冲头的上升（离开工作面）和下降（冲制成品），是由冲床机器带动，不断往复动作。现在需要在冲头离开工作面后，把冲料送进工作面，定位好，等待冲制。这个送

(1-16)