

20-24

PLC 梯形图程序的设计方法与技巧(一)

第一讲 梯形图的基本电路

TM571.61

重庆大学 廖常初

TP311

[提要] 讲座主要介绍梯形图的经验设计法、顺序功能图和顺序控制设计法。这些设计方法很容易被初学者接受和掌握,用它们可以得心应手地设计出任意复杂的控制系统的梯形图,大多数设计方法可以用于各种型号的 PLC。第一讲主要介绍梯形图中常见的一些基本电路。

关键词 PLC 梯形图 基本电路

程序设计 电路

梯形图程序设计是 PLC 应用中最关键的问题,本讲座主要介绍开量控制系统的梯形图设计方法与技巧。首先介绍梯形图中的一些基本电路,然后介绍两种设计梯形图的方法——经验设计法与顺序控制设计法,重点是以顺序功能图为基础的顺序控制设计法。由于各厂家生产的 PLC 在编程元件、指令功能和表示方法上有较大的差异,将介绍使用不同的编程元件、指令和电路的 6 种顺序控制梯形图设计方法,最后介绍具有多种工作方式的系统的顺序控制梯形图设计方法。教学实践表明,这些设计方法很容易被初学者接受和掌握,用它们可以得心应手地设计出任意复杂的控制系统(包括具有多种工作方式的系统)的梯形图,大多数设计方法可以用于各种型号的 PLC。

(见图 1)。由于该电路具有记忆功能,因此在继电器电路图和梯形图中得到了广泛的应用。接在 PLC 输入端的外部触点或电路接通时,相应的输入继电器为“1”状态,反之为“0”状态。当梯形图中某一编程元件的线圈“通电”时,该元件为“1”状态,反之为“0”状态。为“1”状态的编程元件的常开触点接通,常闭触点断开;为“0”状态的编程元件的常开触点断开,常闭触点接通。当输出继电器为“1”状态时,接在 PLC 输出端的相应的外部负载得电,反之则断电。图 1 中用高电平表示“1”状态,用低电平表示“0”状态。

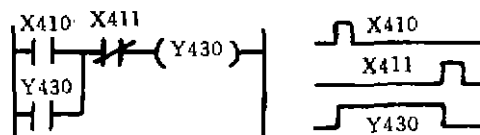


图 1 启动-保持-停止电路

顺序控制梯形图设计方法的多样性使梯形图设计人员能根据所使用的 PLC 指令系统的特点,选用一种或多种适当的顺序控制梯形图设计方法。

设图 1 中的启动信号 X410 和停止信号 X411 由启动按钮和停止按钮提供,它们持续的时间一般都很短,这种信号称为短信号。启动按钮按下时,X410 变为“1”状态,梯形图中 X410 的常开触点接通,“电流”经 X410 的常开触点和 X411 的常闭触点从左向右流过 Y430 的线圈,Y430 的常开触点接通。按钮放开后,X410 变为“0”状态,其常开触点断开,“电流”经 Y430 的常开触点和 X411 的常闭触点流过 Y430 的线圈,Y430 仍为“1”状态,

本讲座的梯形图程序主要是用三菱公司 F₁ 系列 PLC 和 OMRON 公司 C 系列 PLC 的基本顺序指令编写的。

一、启动-保持-停止电路

启动-保持-停止电路简称为起保停电路

这就是所谓的“自锁”或“自保持”功能。按下停止按钮，X411 变为“1”状态，X411 的常闭触点断开，停止条件满足，使 Y430 的线圈“断电”，以后即使 X411 的常闭触点恢复接通状态，Y430 的线圈仍然处于“断电”状态。

在实际电路中，起动信号和停止信号可能由多个触点组成的串、并联电路提供。

二、三相异步电动机正反转控制电路

图 2 是三相异步电动机正反转控制的主电路和继电器控制电路，图 3 是功能与图 2 中的继电器控制电路相同的 PLC 控制系统的外部接线图和梯形图，其中 KM1 和 KM2 分别是控制正转运行和反转运行的交流接触器。图 2 中用 KM1 和 KM2 的主触点改变进入电动机的三相电源的相序，即可改变电动机的旋转方向。图中的 FR 是热继电器，在电动机过载时，它闭触点断开，使 KM1 或 KM2 的线圈断电，电动机停转。

在梯形图中用两个起保停电路来分别控制电动机的正转和反转。按下正转起动按钮 SB2，输入继电器 X400 变为“1”状态，其常开

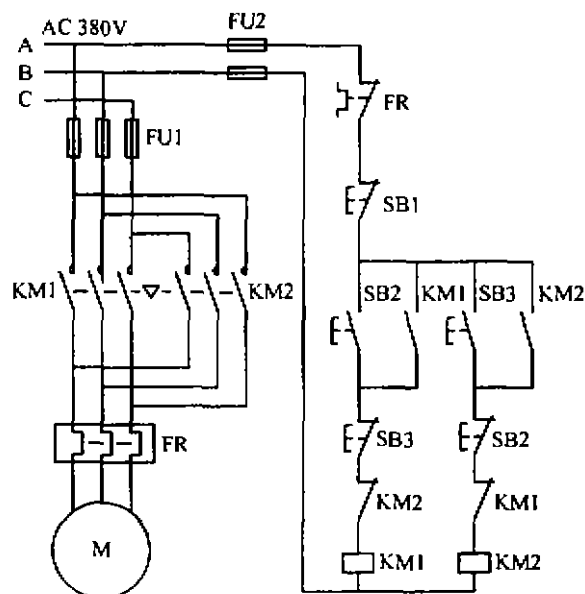


图 2 异步电动机正反转控制电路

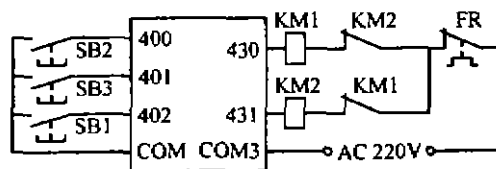


图 3 外部接线图与梯形图

触点接通，Y430 的线圈“得电”并自保持，使 KM1 的线圈通电，电机开始正转运行。

按下停止按钮 SB1，X402 变为“1”状态，其常闭触点断开，使 Y430 线圈“失电”，电动机停止运行。

在梯形图中，将 Y430 和 Y431 的常闭触点分别与对方的线圈串联，可以保证它们不会同时为“1”状态，因此 KM1 和 KM2 的线圈不会同时通电，这种安全措施在继电器电路中称为“互锁”。除此之外，为了方便操作和保证 Y430、Y431 不会同时为“1”状态，在梯形图中还设置了“按钮联锁”，即将反转起动按钮控制的 X401 的常闭触点与控制正转的 Y430 的线圈串联，将正转起动按钮控制的 X400 的常闭触点与控制反转的 Y431 的线圈串联。设 Y430 为“1”状态，电动机正转，这时如果想改为反转运行，可以不按停止按钮 SB1，直接按反转起动按钮 SB3，X401 变为“1”状态，它的常闭触点断开，使 Y430 线圈“失电”，同时 X401 的常开触点接通，使 Y431 的线圈“得电”，电机由正转变为反转。

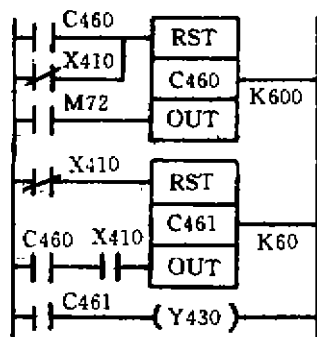
梯形图中的互锁和按钮联锁电路只能保证 PLC 内与 Y430、Y431 对应的硬件继电器的常开触点不会同时接通，如果因主电路电流过大或接触器质量不好，某一接触器的主触点被断电时产生的电弧熔焊而被粘结，其线圈断电后主触点仍然是接通的，这时如果另一接触器的线圈通电，仍将造成三相电源短路事故。为了防止出现这种情况，应在

PLC 外部设置由 KM1 和 KM2 的辅助常闭触点组成的硬件互锁电路(见图 3),假设 KM1 的主触点被电弧熔焊,这时它的与 KM2 线圈串联的辅助常闭触点处于断开状态,因此 KM2 的线圈不可能得电。

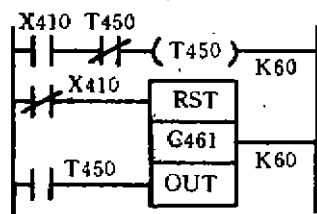
三、定时器和计数器的应用程序

1. 定时、计数范围的扩展

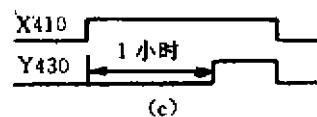
图 4(a)是使用两个计数器的长延时电路,当 X410 为“0”状态时,其常闭触点接通,使 C460、C461 处于复位状态,不能计数。X410 为“1”状态时,其常闭触点断开,C460 和 C461 被允许计数,M72 给 C460 提供周期为 0.1 秒的时钟脉冲,当 C460 计满 600 个数(0.1×600=60 秒)时,C460 的常开触点使它自己复位,复位后 C460 的当前值恢复为设定值,其常开触点断开,又重新开始计数。因此 C460 实际上是一个产生周期为 60 秒



(a)



(b)



(c)

图 4 长延时定时器

的时钟脉冲的脉冲源,它产生的脉冲序列送给 C461 计数,计满 60 个数(1 小时)后 C461 的常开触点将 Y430 的线圈接通,(见图 4(c))。

设 C460 和 C461 的设定值分别为 K_1 和 K_2 ,定时时间为

$$T=0.1K_1K_2(\text{秒})$$

如果将图 4(a)中 C460 计数输入端 M72 的触点改为引入外部计数脉冲的输入继电器的触点,图 4(a)中的 C460 和 C461 便组成了一个大量程的计数器,其设定值 K 等于 C460 的设定值 K_1 和 C461 的设定值 K_2 的乘积:

$$K=K_1K_2$$

图 4(b)也是一个长延时电路,X410 为“0”状态时,其常闭触点接通,使 C461 复位。X410 为“1”状态时,T450 开始定时,60s 后定时时间到,它的常开触点接通,使 C461 的当前值减 1,同时 T450 的常闭触点断开,使它自己的线圈“失电”,T450 被自复位。复位后 T450 的当前值由零恢复到设定值 60,同时它的常闭触点接通,使它自己的线圈重新“通电”又开始定时,T450 将这样周而复始地工作,直到 X410 变为“0”状态。从上面的分析可知,图 4(b)中最上面一行电路也是一个脉冲信号发生器,脉冲周期等于 T450 的设定值(60 秒)。

T450 产生的脉冲列送给 C461 计数,计满 60 个数后(即 1 个小时后),C461 的当前值减至零,它的常开触点闭合。设 T450 和 C461 的设定值分别为 K_T 和 K_C ,总的定时时间为

$$T=K_TK_C(\text{s})$$

2. 闪烁电路

设开始时图 5(a)中的 T450 和 T451 均为“0”状态,X400 的常开触点接通后,T450 的线圈“通电”,2 秒后定时时间到,T450 的常开触点接通,使 Y430 变为“1”状态,同时使 T451 的线圈“通电”,开始定时。3 秒后 T451 的定时时间到,它的常闭触点断开,使

T450的线圈“断电”,T450的常开触点断开,使Y430变为“0”状态,同时使T451的线圈“断电”,其常闭触点接通,T450又开始定时,以后Y430的线圈将这样周期性地“通电”和“断电”,直到X400变为“0”状态,“通电”和“断电”的时间分别等于T451和T450的设定值。

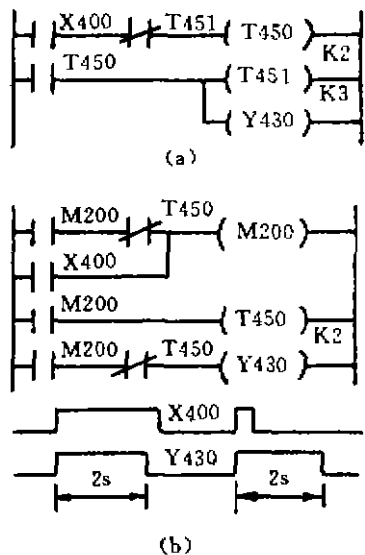


图5 闪烁电路与单脉冲电路

3. 单脉冲电路

图5(b)所示电路的功能相当于数字电路中的单稳态电路,从X400的上升沿开始,产生一个脉宽等于T450的设定值的单脉冲。

4. 接通/断开延时电路

图6中的电路用X400控制Y431,X400的常开触点接通后,T450开始定时,9秒后T450的常开触点接通,使Y431变为“1”状态。X400为“1”状态时其常闭触点断开,使

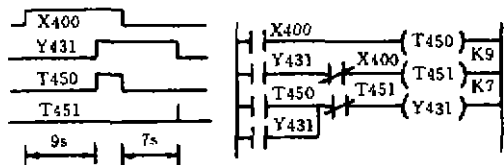


图6 接通/断开延时电路

T451复位,X400变为“0”状态后T451开始定时,7秒后T451的常闭触点断开,使Y431变为“0”状态,T451亦被复位。

四、移位寄存器应用举例

1. 在自动生产线上的应用

设有一生产线如图7所示,该生产线有5个工位,0号工位是检查站,4号工位是次品剔除站。如果在检查站检查出次品,应在剔除站将次品剔除。当检查站检查到次品时,X410的常开触点接通,使移位寄存器的首位M140变为“1”状态,在产品随传送带移动的过程中,检验的结果(移位寄存器中的“1”状态)也应同步地向右移位。这一要求是这样实现的:在传送带的主动轮上装有移位信号传感器,每移动一个工位,X411发出一个移位脉冲,使移位寄存器各位的内容右移1位。次品行进到剔除站时,移位作用使M144刚好是“1”状态,Y430的线圈“通电”,它控制的机械手将次品剔除。

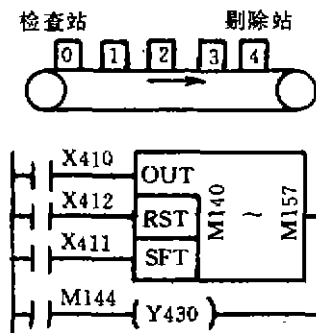


图7 物品分选系统

2. 彩灯控制

利用PLC的移位寄存器功能很容易实现对彩灯的控制,通过修改程序或改变外接开关的状态,可以改变控制方式。

图8中M210的常开触点接到移位寄存器的数据输入端,M200~207组成了8位环形移位寄存器。M200~M207通过Y430~Y437控制8路彩灯,外接开关X401~X407

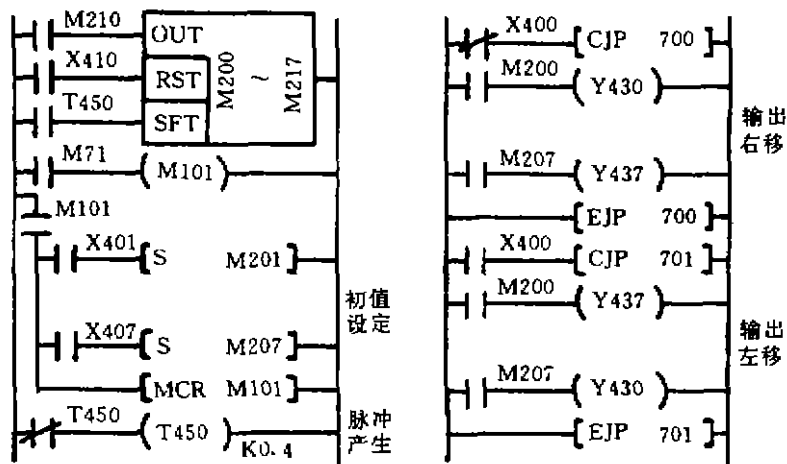


图 8 彩灯控制电路

给移位寄存器中的各位置初值。T450的线圈和它的常闭触点串联,组成了一个时钟脉冲发生器,移位脉冲的周期等于T450的设定值。

F₁系列PLC的移位寄存器只能右移,用外接开关X400和跳步指令改变M200~M207和Y430~Y437的连接关系,可以控制彩灯的移动方向。

五、常闭触点输入信号的处理

前面在介绍梯形图的设计方法时,实际上有一个前提,就是假设输入的开关量信号

均由外部常开触点提供,但是有些输入信号只能由常闭触点提供。图9(a)是控制电机运行的继电器电路图,SB1和SB2分别是起动按钮和停止按钮,如果将它们的常开触点接到PLC的输入端,梯形图中触点的类型与图9(a)完全一致。如果接入PLC的是SB2的常闭触点(见图9(b)),那么

按下SB2,其常闭触点断开,X401变为“0”状态,X401的常开触点断开,显然在梯形图中应将X401的常开触点与Y430的线圈串联(见图9(c)),但是这时在梯形图中所用的X401的触点类型与PLC外接SB2的常开触点时刚好相反,与继电器电路停止按钮的习惯用法也是相反的。建议尽可能用常开触点给PLC提供输入信号。

如果某些信号只能用常闭触点输入,可以按输入全部为常开触点来设计,然后将梯形图中相应的输入继电器的触点改为相反的触点,即常开触点改为常闭触点,常闭触点改为常开触点。

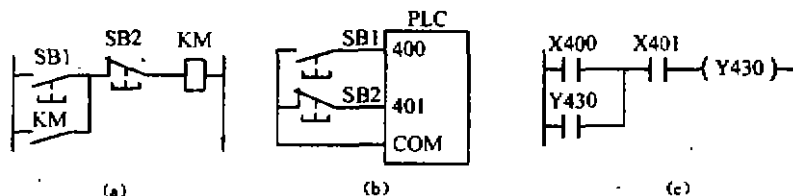


图 9 常闭触点输入

参考文献

- [1] 廖常初·可编程序控制器应用技术(修订版)·重庆:重庆大学出版社,1996,4.
- [2] 廖常初·可编程序控制器的原理与应用·电工技术,1990(10)~1991(2).

自动控制

PLC 梯形图程序的设计方法与技巧(二)

24-28

第二讲 梯形图的经验设计法与根据继电器电路图设计梯形图的方法

重庆大学 廖常初

TM571.61

TP311-11

[摘要] 介绍 PLC 梯形图的经验设计法和根据继电器电路图设计梯形图的方法,并介绍设计中应注意的问题。

关键词 PLC 梯形图 设计

继电器 程序设计 程序到图

一、梯形图的经验设计法

在 PLC 发展的初期,沿用了设计继电器电路图的方法来设计梯形图,即在一些典型电路的基础上,根据被控对象对控制系统的具体要求,不断地修改和完善梯形图。有时需要多次反复地调试和修改梯形图,不断地增加中间编程元件和辅助触点,最后才能得到一个较为满意的结果。

这种方法没有普遍的规律可以遵循,具有很大的试探性和随意性,最后的结果不是唯一的,设计所用的时间、设计的质量与设计者的经验有很大的关系,所以有人把这种设计方法叫做经验设计法,它可以用于较简单的梯形图(如手动程序)的设计。下面通过两个例子来介绍这种设计方法。

1. 送料小车自动控制系统的梯形图设计

送料小车在限位开关 X404 处装料(见图 1),10 秒后装料结束,开始右行,碰到 X403 后停下来卸料,15 秒后左行,碰到 X404 后又停下来装料,这样不停地循环工作,直到按下停止按钮 X402。按钮 X400 和

X401 分别用来起动小车右行和左行。

在电动机正反转控制梯形图的基础上,设计出的小车控制梯形图如图 1 所示。为使小车自动停止,将 X403 和 X404 的常闭触点分别与 Y430 和 Y431 的线圈串联。为使小车自动起动,将控制装、卸料延时的定时器 T450 和 T451 的常开触点,分别与手动起动右行和左行的 X400、X401 的常开触点并联,并用两个限位开关对应的 X404、X403 的常开触点分别接通装料、卸料电磁阀和相应的定时器。

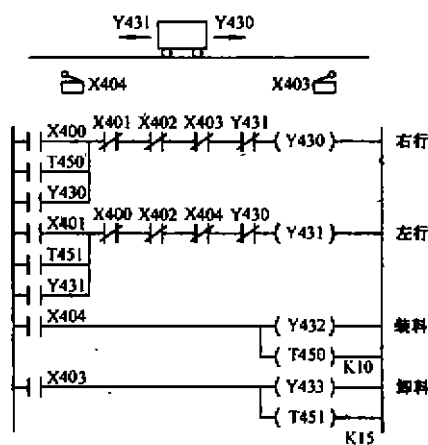


图 1 小车控制系统梯形图

条捷径。这是因为老的继电器控制系统经过长期的使用和考验,已经被证明能完成系统要求的控制功能,而继电器电路图又与梯形图有很多相似之处,因此可以将继电器电路图“翻译”成梯形图,即用 PLC 的硬件和梯形图软件来实现继电器系统的功能。

这种设计方法没有改变系统的外部特性,对于操作工人来说,除了控制系统的可靠性提高之外,改造前后的系统没有什么区别,他们不用改变长期形成的操作习惯。这种设计方法一般不需要改动控制面板和它上面的器件,因此可以减少硬件改造的费用和改造的工作量。

1. 基本方法

在分析 PLC 控制系统的功能时,可以将 PLC 想象成一个继电器控制系统中的控制箱,PLC 的外部接线图描述的是这个控制箱的外部接线,PLC 的梯形图是这个控制箱的内部“线路图”,梯形图中的输入继电器和输出继电器是这个控制箱与外部世界联系的“中间继电器”,这样就可以用分析继电器电路图的方法来分析 PLC 控制系统。在分析时可以将梯形图中的输入继电器的触点想象成对应的外部输入器件的触点,将输出继电器的线圈想象成对应的外部负载的线圈。外部负载的线圈除了受 PLC 的控制外,可能还会受外部触点的控制。

也可以用上述的思想来将继电器电路图转换为功能相同的 PLC 的外部接线图和梯形图,其步骤如下:

(1)了解和熟悉被控设备的工艺过程和机械的动作情况,根据继电器电路图分析和掌握控制系统的工作原理,这样才能做到在设计和调试控制系统时心中有数。

(2)确定 PLC 的输入信号和输出负载,以及它们对应的梯形图中的输入继电器和输出继电器的元件号,画出 PLC 的外部接线图。

(3)确定与继电器电路图中的中间继电器、时间继电器对应的梯形图中的辅助继电

器和定时器的元件号。2、3 两步建立了继电器电路图和梯形图中的元器件——对应的关系。

(4)根据上述的对应关系画出梯形图。

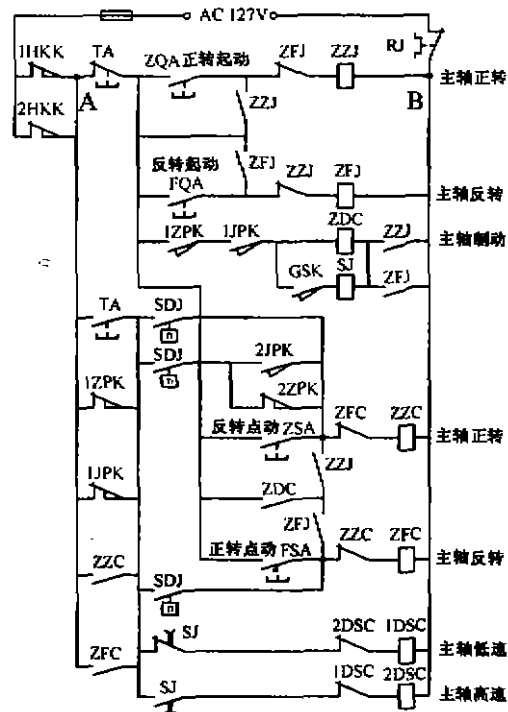


图 3 继电器电路图

图 3 是某卧式镗床的继电器控制电路图,图 4 和图 5 是实现相同功能的 PLC 控制系统的外部接线图和梯形图。镗床的主轴电机是双速异步电动机,中间继电器 ZZJ 和 ZFJ 分别控制主轴电机的启动和停止,接触器 ZCC 和 ZFC 控制主轴电机的正反转,接触器 1DSC、2DSC 和时间继电器 SJ 控制主轴电机的变速,接触器 ZDC 用来短接串在定子回路的制动电阻。1JPK、2JPK 和 1ZPK、2ZPK 是变速操纵盘上的限位开关,1HKK、2HKK 是主轴进刀与工作台移动互锁限位开关。图 3 中的 ZZJ、ZFJ 和 SJ 分别与图 5 中的 M200、M201 和 T450 相对应。

2. 注意事项

应注意梯形图与继电器电路图的区别,梯形图是一种软件,是 PLC 图形化的程序。

在继电器电路图中,各继电器可以同时动作(称为并行工作),而 PLC 是串行工作的,即 PLC 的 CPU 同时只能处理 1 条指令。根据继电器电路图设计 PLC 的外部接线图和梯形图时应注意以下的问题:

(1)应遵守梯形图语言中的语法规定

梯形图中的线圈应放在最右边,故将图 5 中与 ZZJ、ZFJ 对应的 M200 和 M201 的常开触点并联电路放在与 ZDC 对应的 Y434 的线圈的左边。

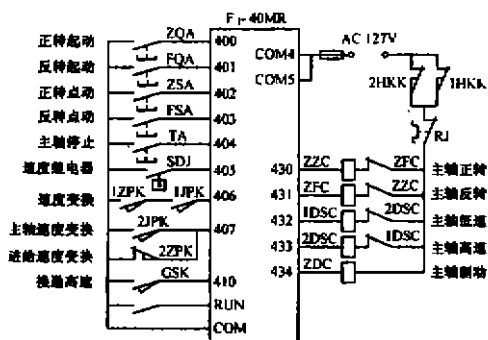


图 4 PLC 外部接线图

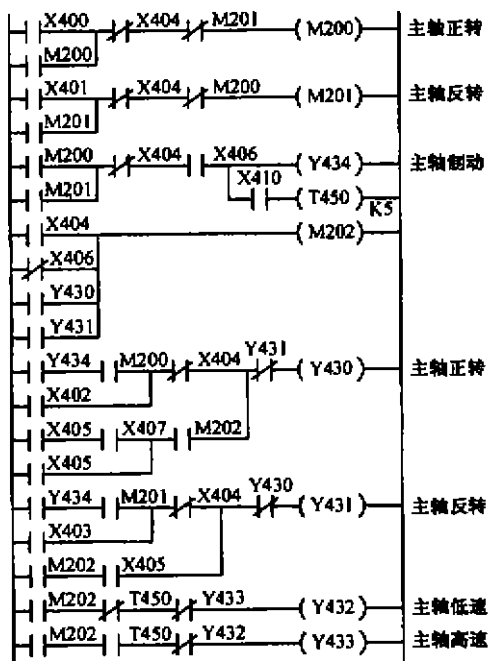


图 5 梯形图

F₁ 系列 PLC 不允许梯形图中出现图 3 中控制 ZZJ 和 ZFJ 线圈那样的电路,即两条包含触点和线圈的串联电路不能并联,在梯形图中应将各线圈的控制电路分开。应仔细观察继电器电路图中各线圈分别受哪些器件的触点控制,根据继电器电路图和梯形图中元器件的对应关系分别画出控制各编程元件线圈的梯形图电路。

图 3 中的 ZZJ 和 ZFJ(主轴正、反转继电器)不会同时动作,因此可以在它们的常开触点串联电路的中点将 ZCC 和 ZFC 线圈的控制电路分开(见图 6 所示的局部等效电路),再设计出对应的梯形图。

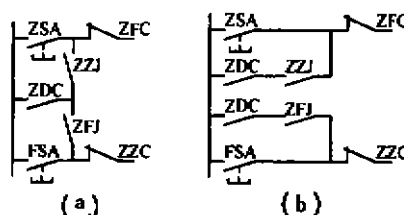


图 6 局部等效电路

(2)适当地设置中间单元

图 3 中 ZCC、ZFC 等四个线圈都受 TA、1ZPK、1JPK、ZCC 和 ZFC 的触点并联电路的控制,为了简化电路,在梯形图中设置了上述并联电路控制的辅助继电器 M202,它类似于继电器电路中的中间继电器。

(3)梯形图的优化设计

为了减少 PLC 程序指令的条数,应将图 7 和图 8 中的图 (a) 分别改为 (b),这样可以减少一条指令。

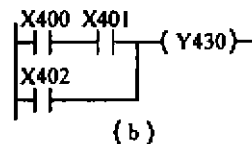
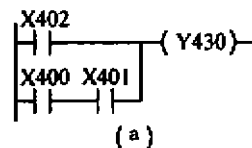


图 7 梯形图

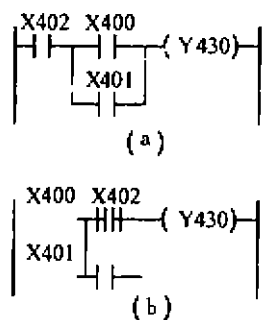


图 8 梯形图

(4) 尽量减少 PLC 的输入信号和输出信号

PLC 的价格与 I/O 点数有关,每一 I/O 点的平均价格在 100 元左右,而 PLC 的每一输入信号和输出信号分别要占用一个输入点和一个输出点,因此减少输入信号和输出信号的个数是降低硬件费用的主要措施。

继电器控制系统中的中间继电器、时间继电器和计数器的功能可以用梯形图中的辅助继电器、定时器和计数器来实现,它们与 PLC 的输入/输出信号无关。PLC 的输出信号用来控制执行机构(如接触器、电磁阀等)和显示器件(如指示灯等)。PLC 的输入信号由按钮、选择开关、限位开关等器件提供。

与继电器电路不同,一般同一输入器件只需要一个常开触点给 PLC 提供输入信号。在梯形图中,可以多次使用同一输入继电器的常开触点和常闭触点。

继电器电路图中的几个输入器件触点的串并联电路(如图 3 中 2JPK 的常开触点和 2ZPK 的常闭触点的并联电路)可以作为 PLC 的一个输入信号,只占 PLC 的一个输入点。

在图 3 中,有一个 1ZPK 和 1JPK 的常开触点的串联电路,还有一个它们的常闭触

点的并联电路。由逻辑代数可知

$$\overline{1ZPK} \cdot \overline{1JPK} = \overline{1ZPK + 1JPK}$$

上式表示 1ZPK 和 1JPK 的常开触点的串联电路对应的“与”逻辑表达式取反后即为其常闭触点的并联电路对应的逻辑表达式。在 PLC 的外部电路图中,将 1ZPK 和 1JPK 的常开触点串联,接在 PLC 的 406 端子上。在梯形图中,X406 的常开触点与继电器电路图中 1ZPK 和 1JPK 常开触点的串联电路相对应,X406 的常闭触点与 1ZPK 和 1JPK 常闭触点的并联电路相对应。

某些输入器件的触点如果在继电器电路图中只出现一次,并且与 PLC 输出端的负载串联(如图 3 中 1HKK 和 2HKK 的常闭触点并联电路及热继电器 RJ 的常闭触点),可不必将它们作为 PLC 的输入信号,而将它们放在 PLC 外部的输出回路,仍与相应的 PLC 的负载串联。图 5 中的梯形图实际上与图 3 中 A 点与 B 点之间的电路相对应。

继电器控制系统中某些相对独立且比较简单的部分,如仅用按钮起动、停止单向运行电动机的控制电路,可以用继电器线路控制,这样同时减少了所需的 PLC 输入点和输出点。

(5) 异步电动机正反转的外部联锁电路

为了防止控制正反转的两个接触器(如图 4 中的 ZZC 和 ZFC)同时动作造成三相电源短路,不仅需要设置相应的联锁电路,还应在 PLC 外部设置硬件联锁电路(见图 4)。

(6) 外部负载的额定电压

PLC 的继电器输出模块和双向可控硅输出模块一般最高只能驱动额定电压 AC220V 的负载,如果系统原来的交流接触器的线圈电压是 380V 的,应换成线圈电压是 220V 的交流接触器。

26-30

梯形图

程序控制

程序设计
顺序控制

PLC

自动控制

PLC 梯形图程序的设计方法与技巧(三下)

第三讲 梯形图的顺序控制设计法与顺序功能图(下)

重庆大学 廖常初

TMS71.6 | TP311.11

下面用一个例子来介绍复杂的顺序功能图的画法。图9是一个三工位钻床的工作台俯视图示意图,图10是控制系统的顺序功能图。步1是初始步,按下起动按钮后,三个工位同时工作。一个工位将工件送到圆形工作台上,然后送料液压缸退回。另一个工位将工件夹紧并钻孔,钻完后钻头向上返回初始位置,并松开工件。在第三个工位用深度计测量加工的孔是否合格,如果合格则测量头上升,并自动卸下加工好的工件,然后卸料缸返回;如果不合格,测量头返回后由工人取走次品,并用按钮发出人工卸料完成的重新启动信号。三个工位的操作都完成后,工作台顺时针旋转120°,最后系统返回初始步。步4、9、14是等待步,它们并不完成什么动作,而是为同

时结束三个并行序列服务的。在图10中水平双线之下的转换条件“=1”表示转换条件总是满足的,即只要步4、9、14都是活动的,就会发生步4、9、14到步17的进展,步4、9、14变为不活动步,而步17变为活动步。

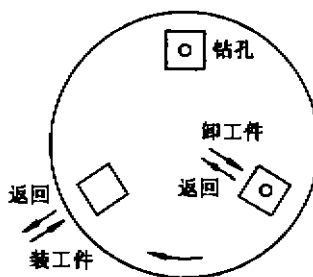


图9 工作台示意图

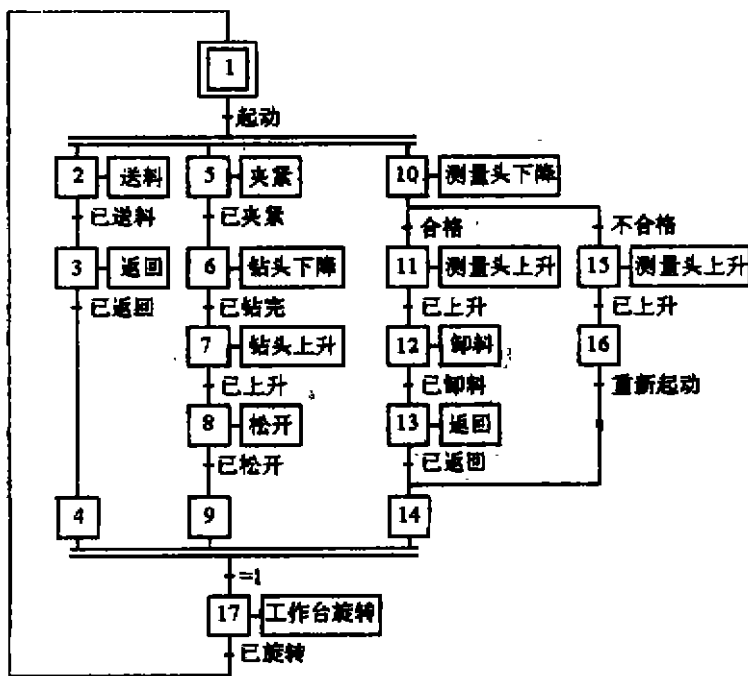


图10 三工位钻床顺序功能图

4. 子步(microstep)

在顺序功能图中,某一步可以包含一系列子步和转换(见图 11),通常这些序列表示整个系统的一个完整的子功能。子步的使用使系统的设计者在总体设计时容易抓住系统的主要矛盾,用更加简洁的方式表示系统的整体功能和概貌,而不是一开始就陷入某些细节之中。设计者可以从最简单的对整个系统的全面描述开始,然后画出更详细的顺序功能图,子步中还可以包含更详细的子步。这种设计方法的逻辑性很强,可以减少设计中的错误,缩短总体设计和查错所需要的时间。

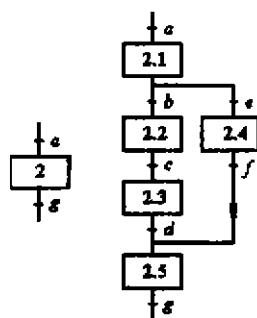


图 11 子步

八、顺序功能图中转换实现的基本规则

1. 转换实现的条件

在顺序功能图中,步的活动状态的进展是由转换的实现来完成的。转换实现必须同时满足两个条件:

- (1)该转换所有的前级步都是活动步;
- (2)相应的转换条件得到满足。

如果转换的前级步或后续步不止一个,转换的实现称为同步实现(见图 12)。为了强调同步实现,有向连线的水平部分用双线表示。

2. 转换实现应完成的操作

转换的实现使所有由有向连线与相应转换符号相连的后续步都变为活动步,使所有由有向连线与相应转换符号相连的前级步都变为不活动步。

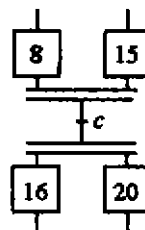


图 12 转换的同步实现

以上规则可以用于任意结构中的转换,对于不同的结构,其区别如下:

(1)在单序列中,一个转换仅有一个前级步和一个后续步。

(2)在并行序列的分支处,转换有几个后续步,在转换实现时应同时将它们对应的编程元件置位。

(3)在并行序列的合并处,转换有几个前级步,它们均为活动步时才有可能实现转换,在转换实现时应将它们对应的编程元件全部复位。

(4)在选择序列的分支与合并处,一个转换实际上也只有一个前级步和一个后续步,但是一个步可能有多个前级步或多个后续步(见第三讲上中的图 7 和图 8)。

转换实现的基本规则是根据顺序功能图设计梯形图的基础,它适用于顺序功能图中的各种基本结构和下几讲中介绍的各种顺序控制梯形图的设计方法。

在梯形图中,用编程元件代表步,当某步为活动步时,该步对应的编程元件为“1”状态。当该步之后的转换条件满足时,转换条件对应的触点或电路接通,因此可以将该触点或电路与代表所有前级步的编程元件的常开触点串联,作为与转换实现的两个条件同时

满足对应的电路。例如,假设某转换条件的布尔代数表达式为 $X_{401} \cdot X_{403}$,它的两个前级步用 M205 和 M206 来代表,则应将这 4 个元件的常开触点串联,作为转换实现的两个条件同时满足对应的电路。在梯形图中,该电路接通时,应使所有代表前级步的编程元件复位,同时使所有代表后续步的编程元件置位(变为“1”状态并保持),完成以上任务的电路将在后面介绍。

九、顺序功能图的特点

掌握下述的顺序功能图的特点,可以帮助我们准确迅速地画出系统的顺序功能图。

1. 两个步绝对不能直接相连,必须用一个转换将它们隔开。

2. 两个转换也不能直接相连,必须用一个步将它们隔开。

3. 顺序功能图中的初始步一般对应于系统等待起动的初始状态,这一步可能没有什么输出处于“1”状态,因此有的初学者在画顺序功能图时很容易遗漏掉这一步。初始步是必不可少的,一方面因为该步与它的相邻步相比,从总体上说输出变量的状态各不相同,另一方面如果没有该步,无法表示初始状态,系统也无法返回停止状态。

4. 自动控制系统应能多次重复执行同一工艺过程,因此在顺序功能图中一般应用由步和有向连线组成的闭环,即在完成一次工艺过程的全部操作之后,应从最后一步返回初始步,系统停留在初始状态(单周期操作,见图 4),在连续循环工作方式时,将从最后一步返回下一工作周期开始运行的第一步。

5. 只有当某一步所有的前级步都是活动步时,该步才有可能变成活动步。如果用没有断电保持功能的编程元件代表各步(如

M100~M277),PLC 开始进入 RUN 工作方式时它们均处于“0”状态,所以必须用 M71 的常开触点作为转换条件,将初始步预置为活动步(见第 3 讲的图 4),否则顺序功能图中永远不会出现活动步,系统将无法工作。如果系统具有自动、手动两种工作方式,顺序功能图是用来描述自动工作过程的,这时还应在系统由手动工作方式进入自动工作方式时用一个适当的信号将初始步置为活动步。

十、顺序功能图语言

在第四章中曾经介绍过,顺序功能图是一种位于其它编程语言之上的 PLC 编程语言。某些厂家的 PLC 允许直接用顺序功能图语言编写用户程序,但是需要高级图形编程器的支持。对于中小型 PLC,一般是将顺序功能图作为一种设计工具,首先根据系统对控制的要求,用手工画出顺序功能图,然后根据顺序功能图画出梯形图,用图形编程器将梯形图写入 PLC,或者将梯形图转换成指令表后,再用指令编程器将它写入 PLC。

各国一些主要的 PLC 生产厂家,如法国的 Telemecanique、德国的 Siemens 公司、美国的 A-B 公司、Maxitron 公司、日本的三菱和富士通等,它们的 PLC 产品都具备了用顺序功能图编程的功能。例如 Telemecanique 公司的 TSX7 系列 PLC,可以用梯形图或 Grafset 图形语言来编程,二者也可以混合使用,即组合逻辑问题用梯形图来编程,顺序逻辑问题用 Grafset 来编程。

Siemens 公司的 GRAPH 5 编程语言就是一种顺序功能图语言,其表示方法与我国的顺序功能图国家标准基本一致。

使用 Siemens 公司的 PG675 图形编程器,可以在 CRT 上生成、显示和编辑顺序功能图。GRAPH 5 编程语言允许每个 PLC 最

多有 255 个串列(即顺序功能图),每个串列最多 127 步、8 个初始步和 8 个显示列(并行序列)。GRAPH 5 还有主/子串列功能。

一个顺序控制器可以用 GRAPH 5 语言通过两级表示法来编程:第一级是概观表示法,在设计的第一阶段用来确定和描述串列的顺序结构,特别是分支与合并;第二级是详细或放大表示法,用放大功能来确定各步和转换中的内容,即步中发生的动作和转换条件。用户只需要用梯形图、控制系统流程图或语句表(即指令表)对步和转换条件编程,由系统将顺序功能图(串列)自动转换为上述三种编程语言。

GRAPH 5 编程语言允许用户对每一步指定等待时间和监视时间。等待时间是指即使转换条件已经满足,一个步仍能保持活动状态的最小时间,只有在等待时间结束之后,下一步才能动作。监视时间是对某一步预定的最长时间,如果在这段时间结束之前下一步的转换条件还没有得到满足,说明系统出了故障,监视时间对于诊断系统的故障是很有用的。

在 PLC 运行时,可以用图形编程器将顺序功能图的当前状态显示出来,每个特定状态也可以在详细级上观察,以显示个别操作数或连接的状态。

在出现故障时,受故障影响的串列被显示出来,故障原因可以从概观级直至详细级查出,可以向用户显示出有故障的步,故障的准确原因也可以用详细表示法加以确定。

十一、顺序功能图与计算机程序流程图(框图)的比较

计算机程序流程图在程序设计中得到了广泛的应用,它的功能很强,与顺序功能图一样,也具有形象直观的优点。图 13 给出了一

个顺序功能图与对应的程序流程图相比较的例子。流程图中的矩形框称为处理框,表示要进行的工作;菱形框表示需要进行检查判别,称为判断框或检查框,它有一个入口、两个出口,在出口处分别用“Y”(YES)表示条件满足,“N”(NO)表示条件不满足,判断框的功能与顺序功能图中的转换相当。显然,用顺序功能图来描述开关量控制系统比使用程序流程图要简单明了得多,特别是对于选择序列和并行序列,这一特点更为明显。此外,计算机程序流程图还没有与并行序列相对应的表示方法。建议读者在设计 PLC 梯形图时尽量用顺序功能图来描述系统的功能。

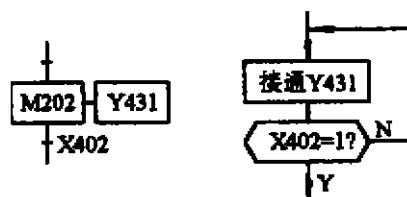


图 13 顺序功能图与程序流程图

十二、顺序控制设计法中的状态表绘制

某些系统的顺序功能图步数很多,并且基本上属于单序列组成的闭环回路。例如某轮胎成型机的一个工作周期可以分为 40 余步,如果用顺序功能图来描述这一类系统的工作过程,仍然觉得比较麻烦,对于这样的系统,用状态表来描述比较方便。前面介绍过的动力头控制系统的状态表如表 1 所示,表中的第一行对应于图 14 中的初始步,X400(启动按钮)是初始步后面的转换条件,输出继电器 Y430~Y432 用来控制 3 个电磁阀,当表中某一行的某一个输出状态为“1”时,表示在该步该输出信号为“1”状态,反之则为“0”状态。如果 PLC 驱动的负载很多,但是在各步为“1”状态的负载不多,可以在输出信号一栏

中直接填写出各步被驱动的负载的名称或符号(见表2)。从这个简单的例子不难看出顺序功能图与状态表之间的对应关系。

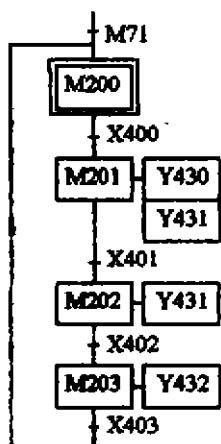


图 14 顺序功能图

如果系统的顺序功能图很复杂,包含了大量的选择序列和并行序列,这样的系统用状态表来描述是很困难的,改用顺序功能图

(上接第 25 页)

幅值步进调节、正弦波/脉冲信号选择、定时器中断和产生 50Hz 基准信号等功能。

五、结束语

根据以上原理制作的数字频率合成信号(正弦波、脉冲信号)频率稳定性只与晶体振荡器有关,无需温度补偿精度就可优于

来描述,则简单直观得多。

表 1 状态表

步	转换条件	输出信号状态			
		Y430	Y431	Y432	
1	初始	X400	0	0	0
2	快进	X401	1	1	0
3	工进	X402	0	1	0
4	快退	X403	0	0	1

表 2 状态表

步	转换条件	输出信号
1	初始	X400
2	快进	X401
3	工进	X402
4	快退	X403

参考文献

- [1] 廖常初·可编程序控制器应用技术(修订版)
·重庆大学出版社,1996年4月。

10^{-4} ,频率在 1Hz~20kHz 范围内步进 1Hz 可调,正弦波失真度小于 1%,幅值调节可达 255 级,脉冲信号占空比 2%~98% 内以 2% 步进调节。

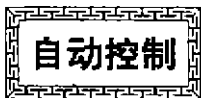
此外,使用数字频率合成技术还可以合成其它任意波形的周期信号,而这些信号难以用模拟电路产生。

抓住机遇 勿失良机

《电工技术》一九九九年

预定版面的新老客户,敬请于 98 年 11 月底前与本刊广告部联系。

联系电话:(023)63502993 联系人:柯琳 邓化安



PLC 梯形图程序的设计方法与技巧(三上)

20-24 第三讲 梯形图的顺序控制设计法与顺序功能图(上)

重庆大学 廖常初

TM571.61

TP311

[提要] 介绍了梯形图的顺序控制设计法,顺序功能图的基本元素和基本结构,顺序功能图的画法,顺序功能图中转换实现的基本规则,还介绍了状态表的绘制方法。

关键词 PLC 顺序控制 顺序功能图

20-24

一、用经验法设计梯形图存在的问题

1. 设计方法很难掌握,设计周期长

用经验法设计系统的梯形图时,没有一套固定的方法和步骤可以遵循,具有很大的试探性和随意性,对于各种不同的控制系统,没有一种通用的容易掌握的设计方法。在设计复杂系统的梯形图时,用大量的中间单元来完成记忆、联锁、互锁等功能,由于需要考虑的因素很多,它们往往又交织在一起,分析起来非常困难,并且很容易遗漏掉一些应该考虑的问题。修改某一局部电路时,很可能会“牵一发而动全身”,对系统的其它部分产生意想不到的影响,因此梯形图的修改也很麻烦,往往花了很长的时间还得不到一个满意的结果。

2. 装置交付使用后维修困难

用经验法设计出的梯形图往往非常复杂,维修人员很难读懂,给 PLC 控制系统的维修和改进带来了很大的困难。

二、顺序控制设计法

所谓顺序控制,就是按照生产工艺预先

规定的顺序,在各个输入信号的作用下,根据内部状态和时间的顺序,在生产过程中各个执行机构自动地有秩序地进行操作。顺序控制设计法又称步进控制设计法,它是一种先进的设计方法,很容易被初学者接受,对于有经验的工程师,也会提高设计的效率,程序的调试、修改和阅读也很方便。某厂有经验的电气工程师用经验设计法设计某控制系统的梯形图,花了两周的时间,同一系统改用顺序控制设计法,只用了不到半天的时间,就完成了梯形图的设计和模拟调试,现场试车一次成功。

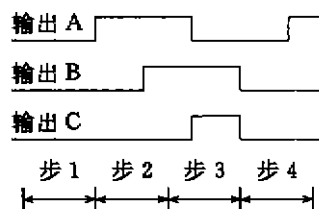


图1 步的划分

顺序控制设计法最基本的思想是将系统的一个工作周期划分为若干个顺序相连的阶段,这些阶段称为步(Step),并且用编程元件(例如辅助继电器 M 和状态寄存器 S)来代表各步。步是根据输出量的状态变化来划分的,在任何一步之内,各输出量的“0”/“1”状态不变,但是相邻两步输出量总的状态是不

同的(见图1),步的这种划分方法使代表各步的编程元件与各输出量的状态之间有着极为简单的逻辑关系。

使系统由当前步进入下一步的信号称为转换条件,转换条件可能是外部输入信号,如按钮、指令开关、限位开关的接通/断开等,也可能是PLC内部产生的信号,如定时器、计数器常开触点的接通等,转换条件也可能是若干个信号的与、或、非逻辑组合。

顺序控制设计法用转换条件控制代表各步的编程元件,让它们的状态按一定的顺序变化,然后用代表各步的编程元件去控制各输出继电器。

顺序控制设计法的这种设计思想由来已久,在继电器控制系统中,顺序控制是用有触点的步进式选线器(或鼓形控制器)来实现的,但是由于触点的磨损和接触不良,工作很不可靠。70年代出现的顺序控制器主要由分立元件和中小规模集成电路组成,因为其功能有限,可靠性不高,已经被PLC取代。可编程序控制器的设计者们继承了顺序控制的思想,为顺序控制程序的设计提供了大量通用的和专用的编程元件和指令,开发了供设计顺序控制程序用的顺序功能图语言,使这种先进的设计方法成为当前PLC梯形图设计的主要方法。

三、顺序控制设计法的本质

经验设计法实际上是试图用输入信号X直接控制输出信号Y,见图2(a),如果无法直接控制输出或为了解决记忆、联锁、互锁等功能,只好被动地增加一些辅助元件和辅助触点。由于各系统输出量Y与输入量X之间的关系和对联锁、互锁的要求千变万化,不可能找出一种简单通用的设计方法。

顺序控制设计法则是用输入量X控制代表各步的编程元件(如辅助继电器M),再用它们控制输出量Y(见图2(b))。步是根据输出量Y的状态划分的,M与Y之间具有

很简单的“与”的逻辑关系,输出电路的设计极为简单。任何复杂系统的代表步的辅助继电器的控制电路,其设计方法都是相同的,并且很容易掌握,所以顺序控制设计法具有简单、规范、通用的优点。由于M是依次顺序为“1”/“0”状态的,实际上已经基本上解决了经验设计法中的记忆、联锁等问题。

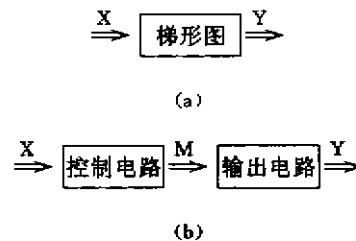


图2 信号关系图

四、顺序功能图概述

顺序功能图(Sequential function chart, 简称为SFC)又叫做状态转移图或功能表图,它是描述控制系统的控制过程、功能和特性的一种图形,也是设计可编程序控制器的顺序控制程序的有力工具。

顺序功能图并不涉及所描述的控制功能的具体技术,它是一种通用的技术语言,可以供进一步设计和不同专业的人员之间进行技术交流之用。

在法国的TE公司研制的Grafcet的基础上,1978年法国公布了用于工业过程文件编制的法国标准AFCET。第二年法国公布了功能图的国家标准GRAFCET,它提供了所谓的步(Step)和转换(Transition)这两种简单的结构,这样可以将系统划分为简单的单元,并定义出这些单元之间的顺序关系。

直到1982年欧洲工业控制厂家开始将GRAFCET用于组织和控制顺序过程,GRAFCET不同的实现方法使用户和厂家很快认识到需要制订有关的国际标准。1987年IEC(国际电工委员会)公布了用于所有控制系统的通用标准——IEC848,即“控制系统功能图准备标准”。我国也在1986年颁布

了顺序功能图的国家标准(GB 6988. 6-86)。1994年5月公布的IEC可编程序控制器标准(IEC1131)中,顺序功能图位居PLC编程语言首位。

顺序功能图主要由步、有向连线、转换、转换条件和动作(或命令)组成。

五、步

1. 步

下面举一个具体的例子来说明。图3是某组合机床动力头进给运动示意图和输入输出信号时序图,为了节省篇幅,将各输入脉冲信号和M71的波形画在一个波形图中。设动力头在初始位置时停在左边,限位开关X403为“1”状态,Y430~Y432是控制动力头运动的3个电磁阀。按下起动按钮后,动力头向右快速进给(简称快进),碰到限位开关X401后变为工作进给(简称工进),碰到X402后快速退回(简称快退),返回初始位置后停止运动。根据Y430~Y432的“0”/“1”状态的变化,显然一个工作周期可以分为快进、工进和快退三步,另外还应设置等待起动的初始步,我们分别用M200~M203来代表这四步。图4是描述该系统的顺序功能图,图中用矩形方框表示步,方框中可以用数字表示该步

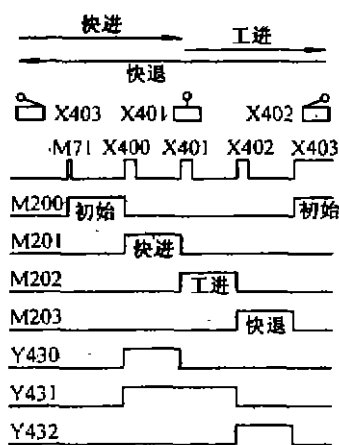


图3 动力头控制系统时序图

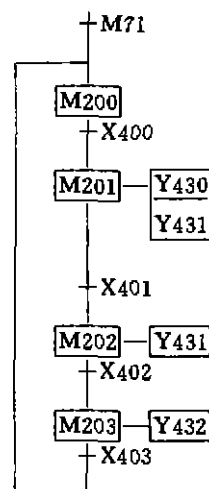


图4 顺序功能图

的编号,也可以用代表该步的编程元件的元件号作为步的编号,如M200等,这样根据顺序功能图设计梯形图就较为方便。

2. 初始步

与系统的初始状态相对应的步称为初始步,初始状态一般是系统等待起动命令的相对静止的状态,初始步用双线方框表示,每一个顺序功能图至少应该有一个初始步。

3. 与步对应的动作或命令

可以将一个控制系统划分为被控系统和施控系统,例如在数控车床系统中,数控装置是施控系统,而车床是被控系统,对于被控系统,在某一步中要完成某些“动作”(action),对于施控系统,在某一步中则要向被控系统发出某些“命令”(command)。为了叙述方便,下面将命令或动作简称为动作,并用矩形框中的文字或符号表示,该矩形框应与相应的步的符号相连。

如果某一步有几个动作,可以用图5中的两种画法来表示,但是并不隐含这些动作之间的任何顺序。

说明命令的语句应清楚地表明该命令是存储型的还是非存储型的。例如某步的存储型命令“打开1号阀并保持”,是指该步活动时1号阀打开,该步不活动时继续打开;非存储型命令“打开1号阀”,是指该步活动时打

开,不活动时关闭。

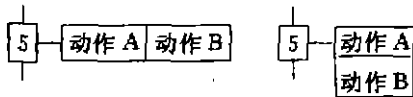


图5 几个动作或命令的画法

4. 活动步

当系统正处于某一步所在的阶段时,叫做该步处于活动状态,称该步为“活动步”。步处于活动状态时,相应的动作被执行;处于不活动状态时,相应的非存储型动作被停止执行。

六、有向连线与转换条件

1. 有向连线

在顺序功能图中,随着时间的推移和转换条件的实现,将会发生步的活动状态的进展,这种进展按有向连线规定的路线和方向进行。在画顺序功能图时,将代表各步的方框按它们成为活动步的先后次序顺序排列,并用有向连线将它们连接起来。步的活动状态习惯的进展方向是从上到下或从左至右,在这两个方向有向连线上的箭头可以省略。如果不是上述的方向,应在有向连线上用箭头注明进展方向。在可以省略箭头的有向连线上,为了更易于理解也可以加箭头。

如果在画图时有向连线必须中断(例如在复杂的图中,或用几个图来表示一个顺序功能图时),应在有向连线中断之处标明下一步的标号和所在的页数,如步 83、12 页。

2. 转换

转换用有向连线上与有向连线垂直的短划线来表示,转换将相邻两步分隔开。步的活动状态的进展是由转换的实现来完成的,并与控制过程的发展相对应。

3. 转换条件

转换条件是与转换相关的逻辑命题,转换条件可以用文字语言、布尔代数表达式或图形符号标注在表示转换的短线的旁边,见

图 6(a)。

转换条件 X 和 \bar{X} 分别表示当二进制逻辑信号 X 为“1”状态和“0”状态时转换实现。符号 $\uparrow X$ 和 $\downarrow X$ 分别表示当 X 从 $0 \rightarrow 1$ 状态和从 $1 \rightarrow 0$ 状态时转换实现。图 6(b) 中步 12 为活动步时,用高电平表示,反之,则用低电平表示。

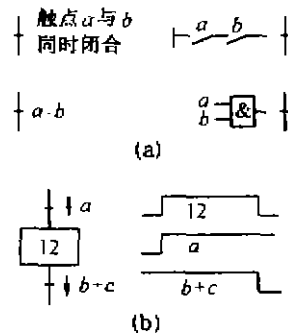


图6 转换条件的表示方法

使用得最多的转换条件表示方法是布尔代数表达式,例如转换条件 $X400 \cdot \bar{C460}$ 表示 $X400$ 的常开触点与 $C460$ 的常闭触点同时闭合,在梯形图中则用两个触点的串联来表示这样一个“与”转换条件。

七、顺序功能图的基本结构

1. 单序列

单序列由一系列相继激活的步组成,每一步的后面仅接有一个转换,每一个转换的后面只有一个步,见图 7(a)。

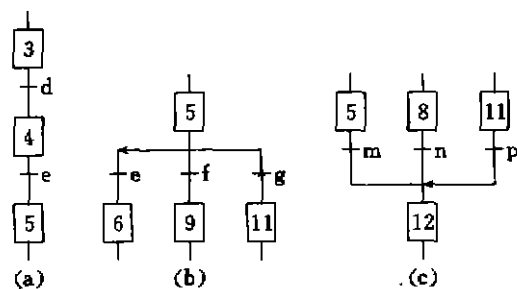


图7 单序列与选择序列

2. 选择序列

选择序列的开始称为分支,见图 7(b),转换符号只能标在水平连线之下。如果步 5 是活动的,并且转换条件 $e=1$,则发生由步 5 \rightarrow 步 6 的进展。如果步 5 是活动的,并且 $f=1$,则发生由步 5 \rightarrow 步 9 的进展。如果将选择条件 e 改为 $e\bar{f}$,则当 e 和 f 同时为“1”状态时,将优先选择 f 对应的序列,一般只允许同时选择一个序列。

选择序列的结束称为合并,见图 7(c),几个选择序列合并到一个公共序列时,用需要重新组合序列的相同数量的转换符号和水平连线来表示,转换符号只允许标在水平连线之上。

如果步 5 是活动的,并且转换条件 $m=1$,则发生由步 5 \rightarrow 步 12 的进展。如果步 8 是活动步,并且 $n=1$,则发生由步 8 \rightarrow 步 12 的进展。

3. 并行序列

并行序列的开始称为分支,见图 8(a),当转换的实现导致几个序列同时激活时,这些序列称为并行序列。当步 3 是活动的,并且转换条件 $e=1$,4、6、8 这三步同时变为活动步,同时步 3 变为不活动步。为了强调转换的同步实现,水平连线用双线表示。步 4、6、8 被同时激活后,每个序列中活动步的进展将是独立的。在表示同步的水平双线之上,只允许有一个转换符号。

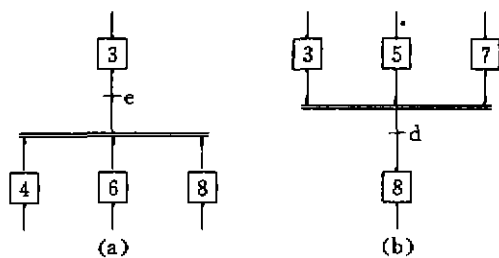


图 8 并行序列的分支与合并

并行序列的结束称为合并,见图 8(b),在表示同步的水平双线之下,只允许有一个转换符号。当直接连在双线上的所有前级步都处于活动状态,并且转换条件 $d=1$ 时,才会发生步 3、5、7 到步 8 的进展,即步 3、5、7 同时变为不活动步,而步 8 变为活动步。

并行序列用来表示系统的几个同时工作的独立部分的工作情况。

除了以上的基本结构之外,使用动作的修饰词(见表 1)可以在一步中完成不同的动作。修饰词决定 CPU 怎样扫描动作,并允许在不增加逻辑的情况下控制动作。例如,可以使用修饰词 L 来限制配料阀打开的时间。

表 1 动作的修饰词

N	非存储型	当步变为不活动步时动作终止
S	置位(存储)	当步变为不活动步时动作继续,直到动作被复位
R	复位	被修饰词 S、SD、SL 或 DS 起动的动作被终止
L	时间限制	步变为活动步时动作被起动作,直到步变为不活动步或设定的时间到
D	时间延迟	步变为活动步时延迟定时器被起动作,如果延迟之后步仍然是活动的,动作被起动作和继续,直到步变为不活动步
P	脉冲	当步变为活动步,动作被起动作并且只执行一次
SD	存储与时间延迟	在时间延迟之后动作被起动作,一直到动作被复位
DS	延迟与存储	在延迟之后如果步仍然是活动的,动作被起动作直到被复位

欢迎订阅《电工技术》月刊

8

自动控制

18-2124

PLC 梯形图程序的设计方法与技巧(四)
第四讲 使用起-保持-停止电路的顺序控制梯形图设计方法

重庆大学 廖常初 TM571.61 TP311.11

[摘要] 介绍了使用起-保持-停止电路的顺序控制梯形图的设计方法,这种设计方法很容易掌握,可以用来设计复杂系统的梯形图,可以用于各种型号的 PLC。

关键词 PLC 梯形图 顺序控制

程序控制 程序设计

从第四讲开始,我们将通过一些简单的例子,将各种顺序控制梯形图的设计方法介绍给读者,这些设计方法很容易掌握,用它们可以迅速地、得心应手地设计出任意复杂的控制系统的梯形图,大多数设计方法可以用于各种型号的 PLC。

换到自动工作方式。系统在从手动工作方式进入初始状态后,应与顺序功能图的初始步对应的编程元件置位,为转换的实现作好准备,还应保证此时其余各步对应的编程元件均为“0”状态,这是因为在没有并行序列或并行序列未处于活动状态时,同时只能有一个活动步。

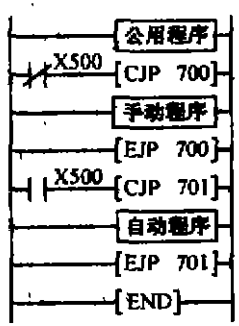


图 1 梯形图的典型结构

较复杂的控制系统的梯形图一般采用图 1 所示的典型结构。X500 是自动/手动切换开关,当它为“1”状态时将跳过自动程序,执行手动程序,为“0”状态时将跳过手动程序,执行自动程序,公用程序用于自动程序和手动程序相互切换的处理。在开始执行自动程序时,要求系统处于与自动程序的顺序功能图中初始步对应的初始状态。如果开机时系统没有处于初始状态,则应进入手动工作方式,用手动操作使系统进入初始状态后再切

为了便于将顺序功能图转换为梯形图,最好用代表各步的编程元件的元件号作为步的代号,并用 PLC 编程元件的元件号来标注转换条件和各步的动作或命令。

假设刚开始执行用户程序时系统已处于要求的初始状态,并用初始化脉冲 M71 将初始步置位,代表其余各步的各编程元件均为“0”状态,为转换的实现作好了准备。

根据顺序功能图设计梯形图时,可以用辅助继电器来代表步。某一步为活动步时,对应的辅助继电器为“1”状态,转换实现时,该转换的后续步变为活动步。很多转换条件都是短信号,即它存在的时间比它激活的后续步为活动步的时间短,因此应使用有记忆(或称保持)功能的电路来控制代表步的辅助继电器。属于这一类的电路有起-保持-停止电路(简称起保停电路),具有相同功能的使用 S、R 指令的电路(见图 2(c))和锁存继电器电路。

1 单序列顺序功能图的梯形图设计方法

起保停电路仅仅使用与触点和线圈有关的指令,任何一种 PLC 的指令系统都有这一类指令,因此这是一种通用的顺序控制梯形图设计方法,可以用于任意型号的 PLC。图 2(b)中的起保停电路也可以用图 2(c)中的电路代替。

假设 M_{i-1} 、 M_i 和 M_{i+1} 是顺序功能图中顺序相连的 3 步(见图 2(a)), X_i 是步 M_i 之前的转换条件。

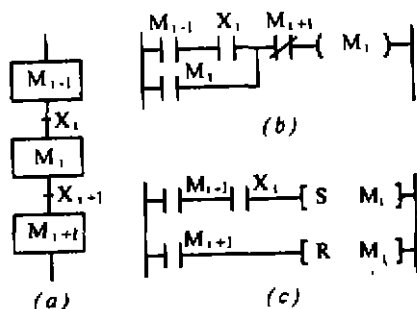


图 2 具有记忆功能的电路

根据转换实现的基本规则,转换实现的条件是它的前级步为活动步,并且满足相应的转换条件,所以步 M_i 变为活动步的条件是 M_{i-1} 为活动步,并且转换条件 $X_i=1$,在起保停电路中则应将 M_{i-1} 和 X_i 的常开触点串联后作为控制 M_i 的起动电路(见图 2(b))。

当 M_i 和 X_{i+1} 均为“1”状态时,步 M_{i+1} 变为活动步,这时步 M_i 应变为不活动步,因此可以将 $M_{i+1}=1$ 作为使辅助继电器 M_i 变为“0”状态的条件,即将 M_{i+1} 的常闭触点与 M_i 的线圈串联。

图 3 是第三讲介绍过的动力头控制系统的顺序功能图和用起保停电路设计的梯形图, $M_{200} \sim M_{203}$ 分别代表初始、快进、工进和快退这 4 步,用起保停电路控制它们。起动按钮 X_{400} 和限位开关 $X_{401} \sim X_{403}$ 是各步之间的转换条件。

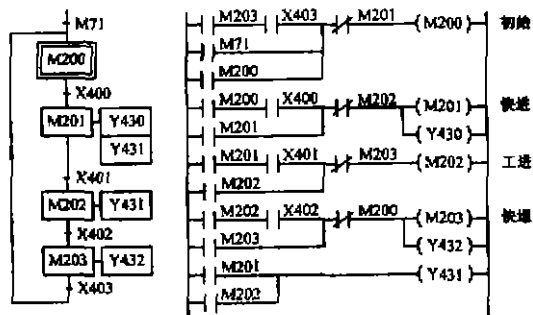


图 3 动力头控制系统的顺序功能图和梯形图

根据上述的顺序控制梯形图设计方法和顺序功能图,很容易画出梯形图。例如设步 $M_{200} = M_i$, 由顺序功能图可知, $M_{i-1} = M_{203}$, $X_i = X_{403}$, $M_{i+1} = M_{201}$, 所以将 M_{203} 和 X_{403} 的常开触点串联作为 M_{200} 的起动电路。PLC 开始运行时应将 M_{200} 置为“1”状态,否则系统无法工作,所以将 M_{71} 的常开触点与起动电路并联,起动电路还并联了 M_{200} 的自保持触点。后续步 M_{201} 的常闭触点与 M_{200} 的线圈串联, M_{201} 为“1”状态时 M_{200} 的线圈“断电”。

下面介绍设计梯形图的输出电路部分的方法。由于步是根据输出变量的状态变化来划分的,它们之间的关系极为简单,可以分为两种情况来处理:

(1) 某一输出量仅在某一步中为“1”状态,例如从图 3 中的顺序功能图可知, Y_{430} 和 Y_{432} 就属于这种情况,可以将它们的线圈分别与对应步的辅助继电器 M_{201} 和 M_{203} 的线圈并联。

(2) 某一输出继电器在几步中都为“1”状态,应将代表各有关步的辅助继电器的常开触点并联后,驱动该输出继电器的线圈。例如图 3 中的 Y_{431} 在快进、工进步均为“1”状态,所以用 M_{201} 和 M_{202} 的常开触点并联电路来控制 Y_{431} 的线圈。

为了避免出现双线圈现象(同一编程元件的线圈在梯形图中出现两次或两次以上),不能将 Y_{431} 的两个线圈分别与 M_{201} 和 M_{202} 的线圈并联。

2 选择系列与并行序列的梯形图设计方法

任何复杂的顺序功能图都是由单序列、选择序列和并行序列组成的。如果在单序列的梯形图设计方法的基础上,掌握了选择序列和并行序列的梯形图设计方法,就可以设计出任意复杂的顺序功能图的梯形图。对选择序列和并行序列编程的关键在于对它们的分支和合并的处理,转换实现的基本规则是设计复杂系统梯形图的基本准则。

2.1 选择序列的分支的梯形图设计方法

图 5 是图 4 中的顺序功能图对应的梯形图,步 M200 之后有一个选择序列的分支,设步 M200 是活动步,当它的后续步 M201 或 M203 变为活动步时,它都应变为不活动步 (M200 变为“0”状态),所以应将 M201 和 M203 的常闭触点与 M200 的线圈串联。

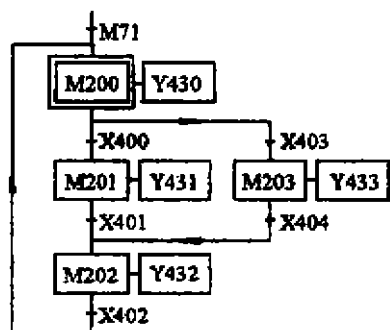


图 4 选择序列图

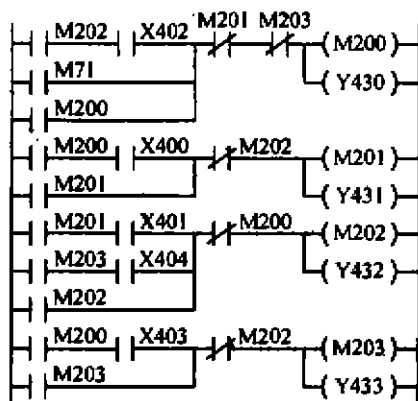


图 5 选择序列的梯形图

如果某一步的后面有一个由 N 条分支组成的选择序列,该步可能转换到不同的 N 步去,则应将 N 个后续步对应的辅助继电器的常闭触点与该步的线圈串联,作为结束该步的条件。

2.2 选择序列的合并的梯形图设计方法

在图 4 中,步 M202 之前有一个选择序列的合并,当步 M201 为活动步 (M201=1),并且转换条件 X401 满足,或者步 M203 为活动步,并且转换条件 X404 满足,步 M202 都应变为活动步,对应的起动电路由两条并联支路组成,每条支路分别由 M201、X401 和 M203、X404 的常开触点串联而成 (见图 5)。

一般来说,对于选择序列的合并,如果某一步之前有 N 个转换 (即有 N 条分支进入该步),则代表该步的辅助继电器的起动电路由 N 条支路并联而成,各支路由某一前级步对应的辅助继电器的常开触点与相应转换条件对应的触点或电路串联而成。

2.3 并行序列的分支的梯形图设计方法

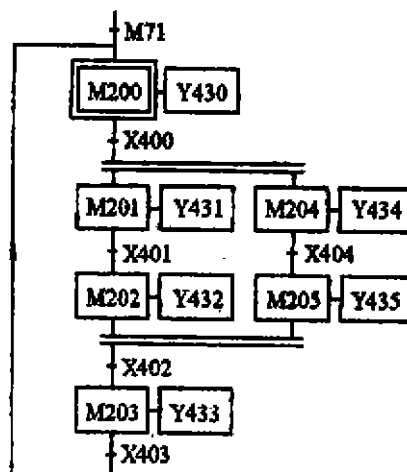


图 6 并行序列

在图 6 中,步 M200 之后有一个并行序列的分支,当步 M200 是活动步,并且转换条件 X400 满足,步 M201 与步 M204 应同时变为活动步,这是用 M200 和 X400 的常开触点组成的串联电路分别作为 M201 和 M204 的起动电路来实现的,与此同时,步 M200 应

变为不活动步。步 M201 和 M204 是同时变为活动步的，只需将 M201 或 M204 的常闭触点与 M200 的线圈串联就行了。

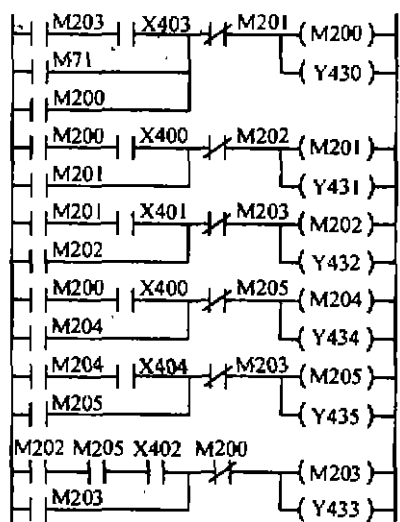


图 7 并行序列的梯形图

2.4 并行序列的合并的梯形图设计方法

步 M203 之前有一个并行序列的合并，该转换实现的条件是所有的前级步（即步 M202 和 M205）都是活动步和转换条件 X402 满足。由此可知，应将 M202、M205 和 X402 的常开触点串联，作为控制 M203 的起保停电路的起动电路。

2.5 注意事项

(1) 不允许出现双线圈现象（同一元件的线圈多次出现）。如果某一输出继电器在某几步中均为“1”状态，只能用相应的辅助继电器的常开触点的并联电路来驱动它的线圈。

(2) 如果在顺序功能图中有仅由两步组成的小闭环（图 8(a)），相应的辅助继电器的线圈将不能“通电”。例如在 M102 和 X402 均为“1”状态时，M103 的起动电路接通，但是这时与它串联的 M102 的常闭触点是断开的，所以 M103 的线圈将不能“通电”。出现上述问题的根本原因是步 M102 既是步 M103 的前级步，又是 M103 的后序步。在小闭环中增设一步就可以解决这一问题（见图 8(b)），这一步只起延时作用，延时时间可以

取得很短（如 0.1s），对系统的运行不会有什么影响。

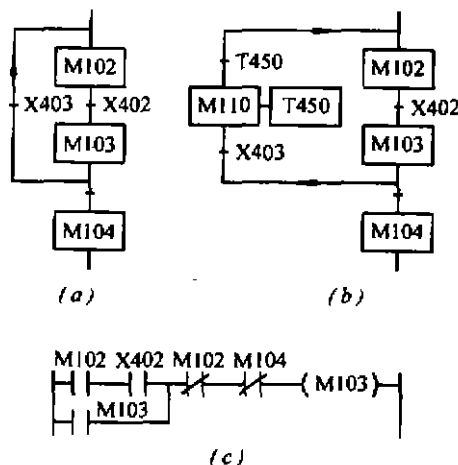


图 8 仅有两步的闭环的处理

3 复杂的顺序功能图的梯形图设计举例

当图 9 中的步 M200 为活动步，并且 X411 变为“1”状态时，将跳过步 M201 和 M202，由步 M200 进展到步 M203。这种跳步与 M200→M201→M202 等组成的“主序列”中有向连线的方向相同，称为正向跳步 (Skip)。
(下转第 24 页)

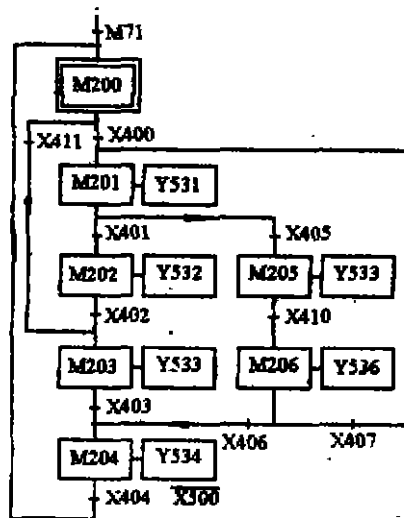


图 9 顺序功能图

应当指出,为了保证开关 SW 与相应主开关元件同步导通,在变换器中必须使用电流传感器或其它能确定主开关元件导电状况的检测元件。同时,考虑到负载可能为感性,即自然换路过程发生在 $u_r(\omega t) < 0$ 时,开关 SW 应具有反向导通能力(如采用反向并联的可控元件——晶体管, MOS 管,小功率 GTO 等)。

4 结论

本文提出了一种使可控整流器输出电压在一定范围内与电源电压和负载参数变化无

关的控制方案,并给出了该方案的技术实现方式,展示了不变性原理应用于可控整流器控制的可能性。

参考文献

- 1 Томсон Т. И. Известия ЮУ. Система У управления выпрямителя инвариантно напряжению питания. Электротехника, 1978(8): 37~38
- 2 Сазонов В. В. Принцип инвариантности в преобразовательной технике. Энергоатомиздат, 1990
- 3 高为炳. 变结构控制理论基础. 中国科学技术出版社, 1990
- 4 张代润. 升压式开关直流调压器的不变性控制法. 西南交通大学学报. 1996, 31(3): 338~342

(上接第21页)

当步 M204 是活动步, 并且转换条件 $X404 \cdot \overline{X500} = 1$ 时, 将从步 M204 返回到步 M200, 这种跳步与“主序列”中有向连线的方向相反, 称为逆向跳步 (Repetition), 显然, 跳步属于选择序列的一种特殊情况。

图10是图9对应的梯形图。以控制 M201 的起保停电路为例, 步 M201 有两个前级步 M200 和 M206, 它的起动电路由两条串联电路并联而成, 每一串联电路分别由某一前级步对应的辅助继电器和相应的转换条件对应的触点串联而成。步 M201 有两个后续步 M202 和 M205, M202 和 M205 的常闭触点与 M201 的线圈串联, M200 或 M205 变为活动步时, 其常闭触点断开, M201 的线圈“断电”, M201 变为不活动步。

从顺序功能图可以看出, Y533 在步 M203 和 M205 均为“1”状态, 所以用 M203 和 M205 的常开触点组成的并联电路来驱动 Y533 的线圈。

参考文献

- 1 廖常初. 可编程序控制器应用技术(修订版). 重庆: 重庆大学出版社, 1995

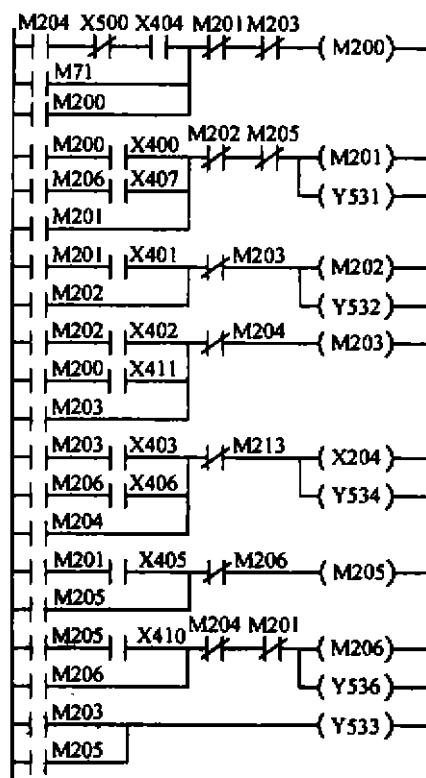


图10 梯形图

欢迎订阅《电工技术》月刊

19-23

自动控制

PLC 梯形图程序的设计方法与技巧(五)

第五讲 使用锁存继电器的顺序控制梯形图设计方法

重庆大学

廖常初

TP311.11

TM571.61

[提要] 介绍了使用锁存继电器的顺序控制梯形图的设计方法,这种设计方法很容易掌握,可以用来设计复杂的控制系统的梯形图。

关键词 PLC 梯形图 顺序控制 锁存继电器

程序控制 程序设计

各种型号的 PLC 都有对某些编程元件的置位、复位指令,这些指令的功能类似于数字电路中的 R-S 触发器,但是其表示方法略有区别,大致可以分为以下两类:

1. 以三菱的 F₁ 系列 PLC 为代表,用 S、R 指令分别对编程元件置位和复位,S 指令和 R 指令之间可以插入别的程序。

2. 以 OMRON 公司 C 系列的锁存继电器为代表(见图 1(c)),置位、复位功能不能分开,该锁存继电器与 4 条指令相对应(见表 1)。

表 1

指令	数据
LD	1001
AND	0001
LD	1003
KEEP	1002

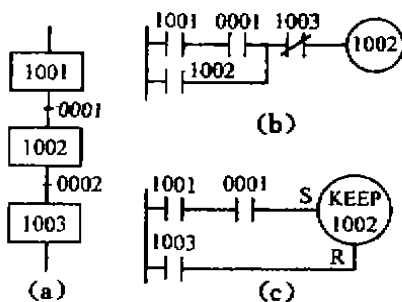


图 1 起保停电路与锁存继电器

图 1(c)中的锁存继电器电路与图 1(b)中的起保停电路的功能相同,它们与图 1(a)中的顺序功能图相对应,图中用内部辅助继

电器 1001~1003 代表顺序相连的 3 步。起保停电路的起动电路与图 1(c)中的置位电路相同,起保停电路中的停止条件(辅助继电器 1003 为“1”状态)与图 1(c)中的复位条件相同。但是应该注意,起保停电路是用与后续步对应的 1003 的常闭触点来断开 1002 的线圈,而锁存继电器电路是用 1003 的常开触点来使 1002 复位。

图 2 是某压力机的顺序功能图和梯形图,假设使用的是 OMRON 的 C 系列 PLC。初始状态时压力机的冲压头停在上面,限位开关 0002 为“1”状态,开机时初始化脉冲 1815 将代表初始步的内部辅助继电器 1000 置位(置为“1”状态并保持该状态)。按下起动按钮,输入继电器 0000 变为“1”状态,步 1001 变为活动步,使输出继电器 0500 控制的电磁阀线圈通电,冲压头下行。压到工件后压力升高,压力继电器动作,使输入继电器 0001 变为“1”状态,系统转换到第三步(保压延时),在该步下行电磁阀线圈仍通电,此时用代表该步的内部辅助继电器 1002 的常开触点接通定时器 TIM01 的线圈,5 秒后定时器 TIM01 的常开触点接通,系统转换到上行步,通过输出继电器 0501 控制上行电磁阀,冲压头上行。返回到初始位置时碰到限位开关 0002,系统回到初始步,冲压头停止上行。

顺序功能图中有两个 TIM01,但是其含义是完全不同的,在步 1002,表示该步“动

自动控制

作”的方框中的定时器 TIM01 是指用 1002 的常开触点接通 TIM01 的线圈。TIM01 虽然不是输出继电器,但是它与 0500 的线圈都应在步 1002“通电”,将它放在表示“动作”的方框中,对于将顺序功能图转换为梯形图是很方便的,步 1002 之后转换旁边的 TIM01,则表示在 TIM01 定时时间到的时候,它的常开触点接通所提供的转换条件。

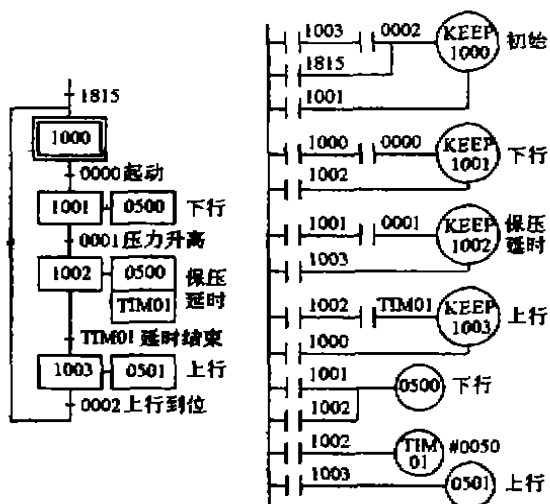


图2 压力机的顺序功能图与梯形图

根据起保停电路与锁存器电路的对应关系,不难设计出图2中的梯形图。例如,当PLC刚开始运行时(1815 ON 一个扫描周期),或者冲压头上行(1003步为活动步)并且碰到上限位开关(0002为“1”状态),1000步都应变为活动步,所以将1003与0002的常开触点串联后再与1815的常开触点并联,作为使1000置位的电路。1000步的后续步是1001步,故用1001的常开触点作为1000的复位输入电路。梯形图的输出电路部分的设计方法,与使用起保停电路顺序控制梯形图的设计方法基本相同。输出继电器0501仅在1003步为“1”状态,所以用1003的常开触点驱动0501的线圈。0500在1001步和1002步都为“1”状态,故用1001和1002常开触点

组成的并联电路来驱动0500的线圈。

1 选择序列与并行序列的梯形图设计方法

起保停电路中的起动电路与锁存继电器的置位输入电路相同,起保停电路的停止电路与锁存继电器的复位输入电路相似。但是应注意起保停电路的停止电路使用的是后续步的常闭触点,有多个后续步时它们的常闭触点应串联;而锁存继电器的复位输入电路使用的是后续步的常开触点,有多个后续步时它们的常开触点应并联。

1.1 选择序列的分支的梯形图设计方法

在图3中,步1000之后有一个选择序列的分支,设步1000是活动步,当它的后续步1001或1003变为活动步时,它都应变为不活动步(1000变为“0”状态),所以应将1001和1003的常开触点并联后作为锁存继电器1000的复位输入电路。

如果某一步的后面有一个由N条支路组成的选择序列的分支,该步可能转换到不同的N步去,则应将N个后续步对应的锁存继电器的常开触点并联,作为该步对应的锁存继电器的复位输入电路。

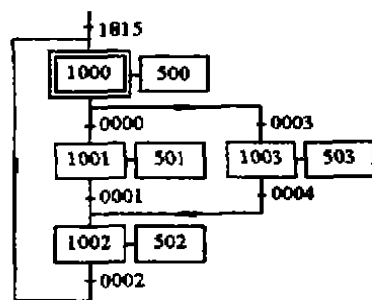


图3 选择序列

1.2 选择序列的合并的梯形图设计方法

在图3中,步1002之前有一个选择序列的合并,当步1001为活动步(锁存继电器

1001="1"),并且转换条件 0001 满足,或者步 1003 为活动步,并且转换条件 0004 满足,步 1002 都应变为活动步,即代表该步的锁存继电器 1002 的置位条件为

$$1001 \cdot 0001 + 1003 \cdot 0004$$

对应的锁存继电器的置位输入电路由两条并联支路组成,每条支路分别由 1001、0001 和 1003、0004 的常开触点串联而成(见图 4)。

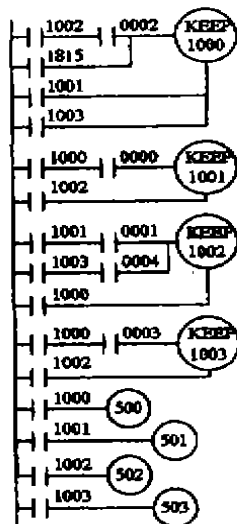


图 4 选择序列的梯形图

一般来说,如果某一步之前有一个选择序列的合并,有 N 条支路进入该步,代表该步的锁存继电器的置位输入电路由 N 条支路并联而成,各并联支路由某一前级步对应的锁存继电器的常开触点和相应的转换条件对应的触点或电路串联而成。

1.3 并行序列的分支的编程方式

图 6 是采用锁存继电器而设计的与图 5 对应的梯形图。在图 5 中,步 1000 之后有一个并行序列的分支,当步 1000 是活动步,并且转换条件 0000 满足,步 1001 与步 1004 应同时变为活动步,这是用 1000 和 0000 的常开触点组成的串联电路分别作为 1001 和 1004 的置位输入电路来实现的,与此同时,

步 1000 应变为不活动步。步 1001 和 1004 是同时变为活动步的,所以只需要将 1001 或 1004 的常开触点作为 1000 的复位输入电路就行了。

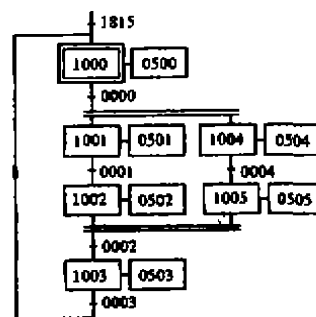


图 5 并行序列

对于并行序列的分支,只要使各序列中第一步对应的锁存继电器具有相同的置位输入电路,就能保证它们同时变为活动步。

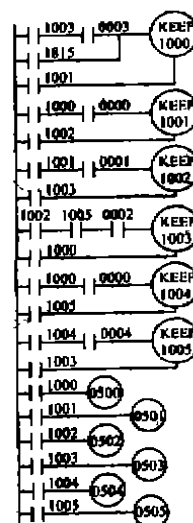


图 6 并行序列的梯形图

1.4 并行序列的合并的编程方式

步 1003 之前有一个并行序列的合并,该转换实现的条件是所有的前级步(即步 1002 和 1005)都是活动步和转换条件 0002 满足。由此可知,应将 1002、1005 和 0002 的常开触点串联,作为后续步 1003 的置位输入电路。

— 自动控制 —

2 复杂的顺序功能图的梯形图设计举例

某专用钻床用来加工圆盘状零件(见图7)上均匀分布的6个孔。图8是系统的顺序功能图,图中用内部辅助继电器1000~1009代表各步。该图包含选择序列,并行序列的分支和合并等典型结构。

钻3对孔的操作是用循环程序实现的,计数器CNT00用来控制循环的次数,在初始步CNT00被复位,其当前值变为设定值3,为钻3对孔作好准备,每执行一次循环,在步1008中使CNT00的当前值减1。

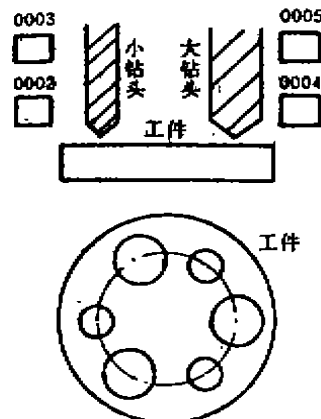


图7 系统示意图

操作人员放好工件后,按下起动按钮,在1001步,夹紧电磁阀的线圈通电,工件被夹紧后,压力继电器0001的常开触点为“1”状态,使1001步变为不活动步,1002和1005步同时变为活动步,大、小钻头向下进给,开始钻孔。当大、小孔都钻完了并且钻头向上返回初始位置后,限位开关0003与0005均为“1”状态,1004与1007步分别变为活动步。它们之后的“=1”表示转换条件总是满足,即只要等待步1004步和1007步都变为活动步,就会实现1004步,1007步到1008步的转换。计数器CNT00用来判别是否钻完了3

对孔,没有钻完时,CNT00的常闭触点为“1”状态,在工件旋转60°后,限位开关0006为“1”状态,转换条件0006·CNT00得到满足,从1008步返回1002步和1005步。6个孔钻完后,转换条件0006·CNT00满足,从1008步转换到1009步,工件被松开后,限位开关0007为“1”状态,系统返回初始步。

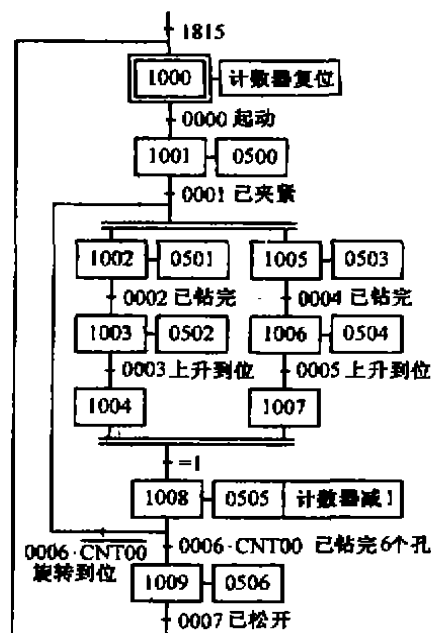


图8 顺序功能图

1002步和1005步之前有一个选择序列的合并,它的前级步是1001步和1008步,对应的转换条件分别是0001和0006·CNT00,锁存继电器1002的置位电路的逻辑表达式为

$$1001 \cdot 0001 + 1008 \cdot 0006 \cdot \overline{\text{CNT00}}$$

即该置位电路由两条串联电路并联而成。

1008步之后有一个选择序列的分支,其后续步为1002、1005和1009,因为1002和1005同时为“1”状态,仅需将1002和1009步的常开触点并联,作为控制1008步的锁存继电器的复位输入电路。

步1008之前有一个并行序列的合并,转换条件“=1”表示该转换条件总是满足,即只

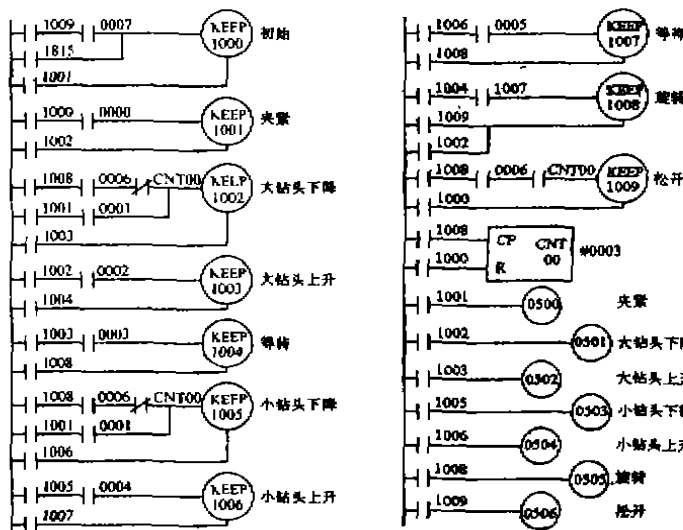


图9 钻床控制系统的梯形图

要等待步 1004 和 1007 是活动步, 转换就会实现, 所以只需将锁存继电器 1004 和 1007 的常开触点串联后作为 1008 步的置位输入电路。锁存继电器 1008 变为活动步后, 其常开触点接通, 将锁存继电器 1004 和 1007 复位, 1004 步和 1007 步变为不活动步。

参考文献

1 廖常初·可编程序控制器应用技术(修订版)·重庆大学出版社, 1995.

(上接第 53 页)

工业出版社, 1989

3 John R. Hufault·运算放大器应用电路集萃·

北京: 中国计量出版社, 1989

表 1

电流给定值与实际测量值对照表

给定电压 $U_g(V)$	给定电流 $I_g(A)$	实测电流 $I_1(A)$	误差(%)	给定电压 (V)	给定电流 $I_g(A)$	实测电流 $I_1(A)$	误差(%)
0.0985	0.2874	0.2870	1.39	1.177	3.531	3.525	0.878
0.2877	0.8631	0.8630	0.12	1.684	5.052	5.045	1.39
0.4684	1.4052	1.4020	2.28	1.930	5.790	5.780	1.73
0.8355	2.5065	2.5040	0.996	2.231	6.693	6.680	1.94

由熔丝残缺状况分析熔断原因

山东邹城电建一公司电兴加工厂 王增华

当胶盖闸刀开关中的熔丝熔断后, 我们可根据熔丝的实际残缺状况, 大致推断出熔丝熔断的原因。

1. 若熔丝的有效部分已经全部消失, 只是两端螺丝紧固处各残存一小圈, 这表明是短路电流造成了熔丝熔断。短路电流通常可达熔丝额定电流的几倍甚至几十倍, 而熔丝在单位时间内产生的热量又

与电流的平方成正比, 瞬间内产生大量的热量, 故熔丝有效部分必然立即熔化并蒸发掉。

2. 若熔丝只在中间部位缺了一小段, 这表明是负载过重造成了熔丝熔断。负载过重时, 电流就大, 致使熔丝过热, 而熔丝的中间部位离两端螺丝紧固处最远, 轴向导热最差, 其温度最先达到熔点, 故熔丝必然在中间部位熔断。

3. 若熔丝只是在某端紧固螺丝附近缺了很小一段, 这表明是其它原因造成的熔断, 如熔丝被压伤使该处截面积减小, 熔丝连接不良使接触电阻过大, 出线紧固螺丝松动使出线座严重发热等。

PLC 梯形图程序的设计方法与技巧(六)

第六讲 以转换为中心的顺序控制梯形图设计方法

重庆大学 廖常初

TP311.11

TMS1.61

[提要] 介绍了一种使用置位/复位指令的顺序控制梯形图的设计方法,这种设计方法很容易掌握,可以用来设计复杂的控制系统的梯形图,可以用于大多数型号的 PLC。

关键词 PLC 梯形图 顺序控制

程序设计 程序控制

图 1 给出了以转换为中心的设计方法的梯形图与顺序功能图的对应关系。实现图中 x_i 对应的转换要同时满足两个条件,即该转换的前级步是活动步 ($m_{i-1} = 1$) 和转换条件满足 ($x_i = 1$)。在梯形图中,可以用 m_{i-1} 和 x_i 的常开触点组成的串联电路来表示上述条件。该电路接通时,两个条件同时满足,此时应完成两个操作,即将该转换的后续步变为活动步(用 S m_i 指令将 m_i 置位)和将该转换的前级步变为不活动步(用 R m_{i-1} 指令将 m_{i-1} 复位)。

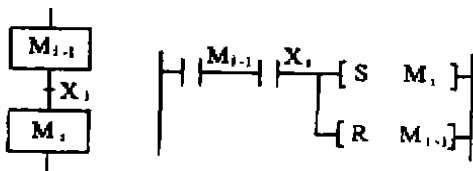


图 1 以转换为中心的设计方法

在顺序功能图中,如果某一转换所有的前级步都是活动步,并且满足相应的转换条件,则转换实现。即所有由有向连线与相应转换符号相连的后续步都变为活动步,而所有由有向连线与相应转换符号相连的前级步都变为不活动步。在以转换为中心的编程方式中,用该转换所有前级步对应的辅助继电器的常开触点与转换对应的触点或电路串联,作为使所有后续步对应的辅助继电器置位和使所有前级步对应的辅助继电器复位的条件。在任何情况下,代表步的辅助继电器的控

制电路都可以用这一原则来设计,每一个转换对应一个这样的控制置位和复位的电路块,有多少转换就有多少个这样的电路块。这种设计方法与转换实现的基本规则之间有严格的对应关系,在设计复杂的顺序功能图的梯形图时既容易掌握,又不容易出错。

图 2 是某信号灯控制系统的时序图、顺序功能图和梯形图。初始步时仅红灯亮,按下起动按钮 X400,4 秒后红灯灭,绿灯亮,6 秒

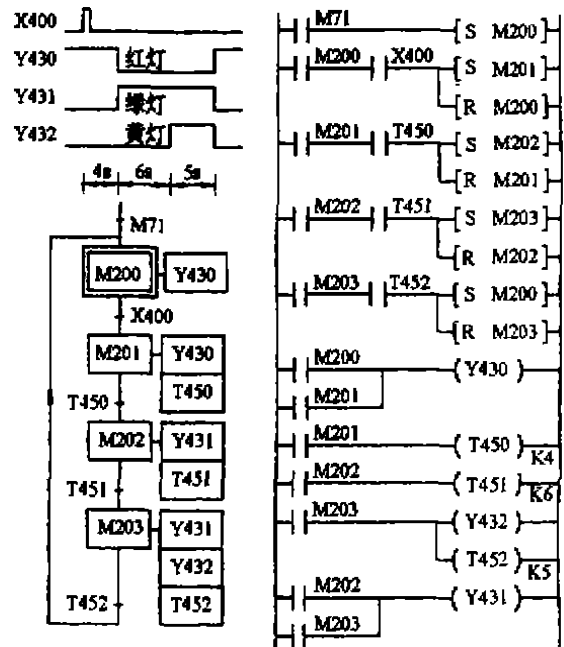


图 2 信号灯控制系统的顺序功能图和梯形图

后绿灯和黄灯亮,再过 5 秒后绿灯和黄灯灭,红灯亮。按时间的先后顺序,将一个工作循环

自动控制

划分为4步,并用定时器T450~T452来为3段时间定时。

刚开始执行用户程序时,M71的常开触点接通一个扫描周期,初始步M200被置位,按下起动按钮X400后,梯形图第二行中M200和X400的常开触点均接通,后续步对应的辅助继电器M201被置位,前级步对应的辅助继电器M200被复位。M201变为“1”状态后,控制红灯的输出继电器Y430仍然为“1”状态,定时器T450的线圈“通电”,4秒后T450的常开触点接通,系统将由第二步转换到第三步。

使用这种顺序控制梯形图设计方法时,不能将输出继电器的线圈与S、R指令并联,这是因为图2中前级步和转换条件对应的串联电路接通的时间是相当短的,转换条件满足后前级步马上被复位,该串联电路被断开,而输出继电器的线圈至少应该在某一步对应的全部时间内被接通,所以应根据顺序功能图用代表步的辅助继电器的常开触点或它们的并联电路来驱动输出继电器的线圈。

1 选择系列与并行序列的梯形图设计方法

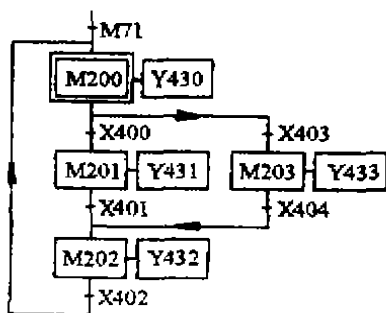


图3 选择系列

1.1 选择序列的梯形图设计方法

如果某一转换与并行序列的分支、合并无关,它的前级步和后续步都只有一个,需要复位、置位的辅助继电器也只有一个,因此对选择序列的分支与合并的编程方法实际上与

对单序列的编程方法完全相同。

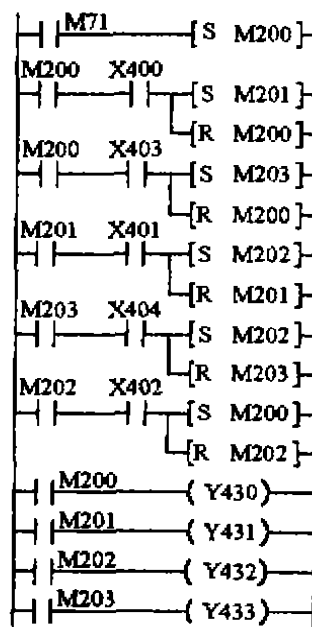


图4 梯形图

图4是用以转换为中心的梯形图设计方法设计的图3对应的梯形图,图3中没有并行序列,每一个转换只有一个前级步和一个后续步,所以图4中的梯形图是非常“标准的”,每一个控制置位、复位的电路块都由前级步和转换条件对应的触点组成的串联电路、一条S指令和一条R指令组成。

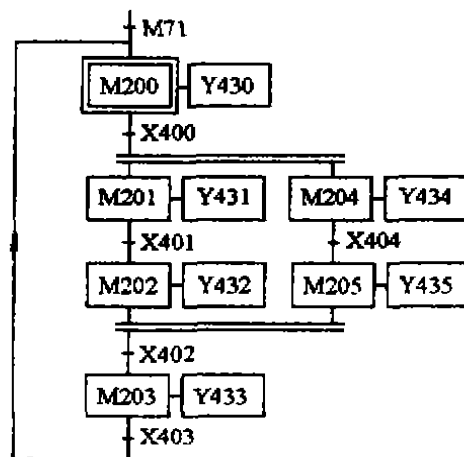


图5 并行序列

1.2 并行序列的梯形图设计方法

图6是用以转换为中心的梯形图设计方

法设计的图 5 对应的梯形图,在图 5 中,步 M200 之后有一个并行序列的分支,当步 M200 是活动步,并且转换条件 X400 满足时,步 M201 与步 M204 应同时变为活动步,这是用 M200 和 X400 的常开触点组成的串联电路使 M201 和 M204 同时置位来实现的,与此同时,步 M200 应变为不活动步,这是用复位指令来实现的。

X402 对应的转换之前有一个并行序列的合并,该转换实现的条件是所有的前级步(即步 M202 和 M205)都是活动步和转换条件 X402 满足。由此可知,应将 M202、M205 和 X402 的常开触点串联,作为使 M203 置位和使 M202、M205 复位的条件。被复位的辅助继电器的个数与并行序列的序列数相同。

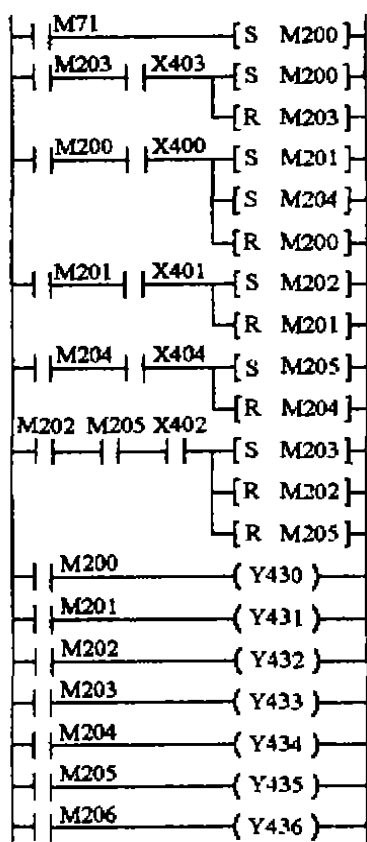


图 6 并行序列的梯形图

2 复杂的顺序功能图的梯形图设计举例

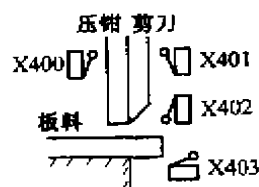


图 7 剪板机示意图

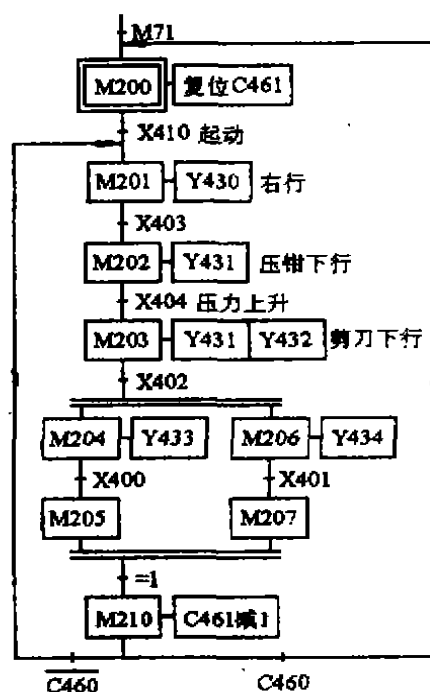


图 8 剪板机控制系统顺序功能图

图 7 是某剪板机的示意图,开始时压钳和剪刀在上限位置,限位开关 X400 和 X401 为“1”状态。按下起动按钮 X410,工作过程如下:首先板料右行(Y430 为“1”状态)至限位开关 X403 动作,然后压钳下行(Y431 为“1”状态并保持),压紧板料后,压力继电器 X404 为“1”状态,压钳保持压紧,剪刀开始下行(Y432 为“1”状态)。剪断板料后,X402 变为“1”状态,压钳和剪刀同时上行(Y433 和 Y434 为“1”状态,Y431 和 Y432 为“0”状

自动控制

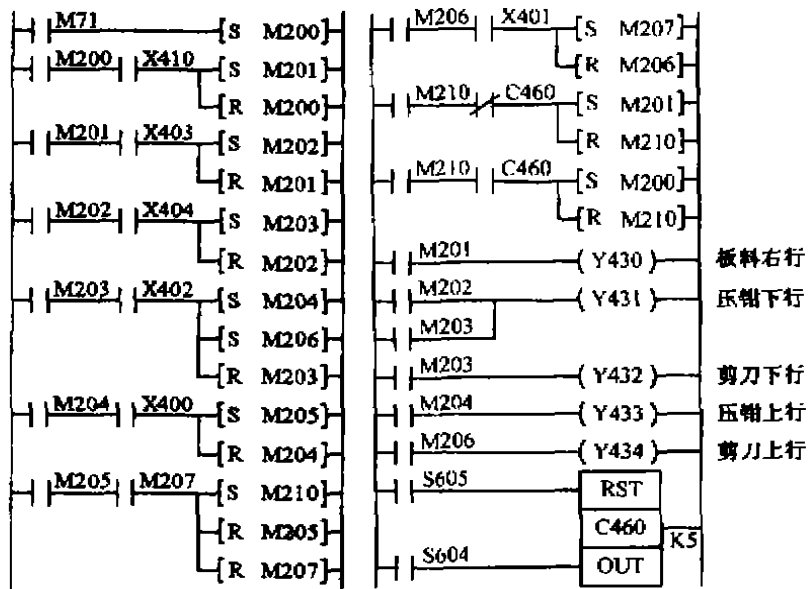


图9 剪板机控制系统的梯形图

在选择序列的分支和合并处,转换只有一个前级步和一个后续步,需要复位、置位的辅助继电器也只有一个,因此对选择序列的分支与合并的编程方法实际上与对单序列的编程方法完全相同。

步 M203 之后有一个并行序列的分支,当步 M203 是活动步,并且转换条件 X402 满足时,步 M204 与步 M206 应同时变为活动步,这

态),它们分别碰到限位开关 X400 和 X401 后,分别停止上行,均停止后,又开始下一周期的工作,剪完 5 块料后停止工作并停在初始状态。系统的顺序功能图如图 8 所示。图中有选择序列、并行序列的分支与合并,图 9 是用以转换为设计方法设计的梯形图。

在设计时应注意顺序功能图中转换的个数,在图 8 中,一共有十个转换,在梯形图中,应有十个使后续步置位使前级步复位的电路块。

.....

(上接 17 页)

动电位器,直到将其内部的碳末被涮出来为止。

3. 电视机、影碟机的遥控器以及按键式电话机的拨号盘,使用日久也会发生个别按键不发指令的故障。这也是因静电吸引灰尘使按键下的导电橡胶与线路板接触不良所致。用酒精棉球将按键下的导电橡胶板和印线板仔细擦拭干净,故障即告消除。

4. 录像机、录音机的图像或声音质量下降,往往是因为磁带脱落的磁粉吸附在磁头的工作缝隙上,使磁头从磁带上检拾的信号强度大大下降所致。

是用 M203 和 X402 的常开触点组成的串联电路使 M204 和 M206 同时置位来实现的,与此同时,将前级步 M203 对应的 M203 复位。

步 M210 之前一个并行序列的合并,转换条件“=1”表示它总是满足的,所以该转换实现的条件是它的前级步 M205 和 M207 都是活动步。由此可知,应将 M205 和 M207 的常开触点串联,作为使 M210 置位和使 M205、M207 复位的条件。

这种脏堵也可用于干净的绢布等沾上酒精清洗干净,从而消除故障。

5. 有些无线电设备开机工作一段时间后即出现工作不正常情况,这就是所谓的元件热稳定性不好引起的软故障。用酒精棉球擦拭重点怀疑的元件,因酒精蒸发能带走大量的热量,若故障状态消失,该元件即为故障件,更换新件即可。

还有很多场合均可用酒精来帮助排除故障,可达事半功倍之效果,省时又省力。酒精实为家用电器修理中不可少的“帮手”。

26-29,45

自动控制

PLC

57

PLC 梯形图程序的设计方法与技巧(七)

第七讲 使用 STL 指令与仿 STL 指令的顺序控制梯形图设计方法

重庆大学 廖常初

TM571.61 TP311.11

[提要] 介绍了使用 STL 指令与仿 STL 指令的顺序控制梯形图设计方法,这两种设计方法很容易掌握,可以用来设计任意复杂的控制系统的梯形图。

关键词 PLC 梯形图 顺序控制

程序控制 STL指令

1 使用 STL 指令的梯形图设计方法

许多 PLC 生产厂家都设计了专门用于编制顺序控制程序的指令和编程元件,例如美国 GE 公司、GOULD 公司的 PLC 的鼓形控制器,日本东芝公司 EX 系列 PLC 的步进顺序指令,三菱公司 F₁、F₂、FX₂ 系列 PLC 的步进梯形指令。

步进梯形指令简称为 STL 指令,F₁、F₂、FX₂ 系列 PLC 还有一条使 STL 指令复位的 RET 指令。利用这两条指令,可以很方便地编制顺序控制梯形图程序。

F₁ 系列 PLC 有 40 个状态寄存器,其元件号为 S600~S647(八进制),它们有断电保持功能。用它们编制顺序控制程序时,应与步进梯形指令一起使用。使用 STL 指令的状态寄存器的常开触点称为 STL 触点,它们在梯形图中的元件符号如图 1 所示。从该图可以看出顺序功能图与梯形图之间的对应关系,STL 触点驱动的电路块具有三个功能,即对负载的驱动处理、指定转换条件和指定转换目标。

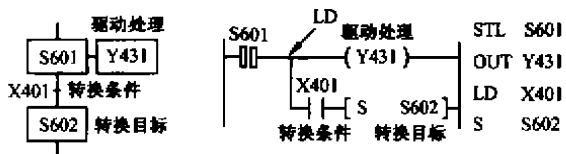


图 1 STL 指令与顺序功能图

除了后面要介绍的并行序列的合并对应的电路外,STL 触点是与左侧母线相连的常开触点,当某一步为活动步时,对应的 STL 触点接通,该步的负载被驱动。当该步后面的转换条件满足时,转换实现,即后续步对应的状态寄存器被 S 指令置位,后续步变为活动步,同时与活动步对应的状态寄存器被系统程序复位,活动步对应的 STL 触点断开。

STL 指令有以下一些特点:

1. 与 STL 触点相连的触点应使用 LD 或 LDI 指令,即 LD 点移到 STL 触点的右侧,直到出现下一条 STL 指令或出现 RET 指令,RET 指令使 LD 点返回左侧母线。各个 STL 触点驱动的电路一般放在一起,最后一个电路结束时一定要使用 RET 指令。
2. STL 触点可以直接驱动或通过别的触点驱动 Y、M、S、T 等元件的线圈,STL 触点也可以使 Y、M、S 等元件置位或复位。
3. STL 触点断开时,CPU 不执行驱动电路块,即 CPU 只执行活动步对应的程序。在没有并行序列时,任何时候只有一个活动步,因此大大缩短了扫描周期。
4. 由于 CPU 只执行活动步对应的电路块,使用 STL 指令时允许双线圈输出,即同一元件的几个线圈可以分别被不同的 STL 触点驱动。实际上在一个扫描周期内,同一元件的几条 OUT 指令中只有一条被执行。
5. STL 指令只能用于状态寄存器,在没有并行序列时,一个状态寄存器的 STL 触点

在梯形图中只能出现一次。

6. STL 触点驱动的电路块中不能使用 MC 和 MCR 指令,但是可以使用 CJP 和 EJP 指令。当执行 CJP 指令跳入某一 STL 触点驱动的电路块时,不管该 STL 触点是否为“1”状态,均执行对应的 EJP 指令之后的电路。

7. 象普通的辅助继电器一样,可以对状态寄存器使用 LD、LDI、AND、ANI、OR、ORI、S、R、OUT 等指令,这时状态寄存器触点的画法与普通触点的画法相同。

8. 使状态寄存器置位的指令如果不在 STL 触点驱动的电路块内,执行置位指令时系统程序不会自动地将前级步对应的状态寄存器复位。

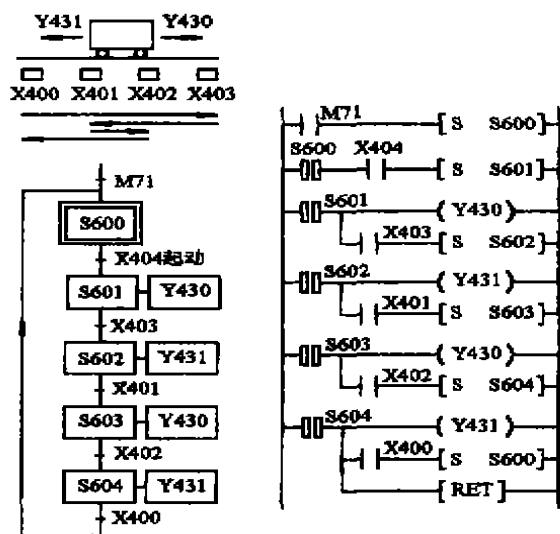


图 2 控制小车运动的顺序功能图和梯形图

图 2 中的小车一个周期内的运动由图中自上而下的 4 段组成,它们分别对应于 S601~S604 所代表的 4 步,步 S600 是初始步。

假设小车位于原点(最左端),X400 闭合,系统处于初始步,S600 为“1”状态。按下起动按钮 X404,步 S600 到步 S601 的转换条件满足,系统由初始步转换到步 S601。S601 的 STL 触点接通,Y430 的线圈“通电”,小车

右行,行至最右端时,限位开关 X403 变为“1”状态,使 S602 置位,S601 被系统程序置为“0”状态,小车变为左行,小车将这样一步一步地顺序工作下去。在最后一次右行碰到限位开关 X402 时,将返回起始点,并停留在初始步。

2 选择系列与并行序列的梯形图设计方法

2.1 选择序列的分支的梯形图设计方法

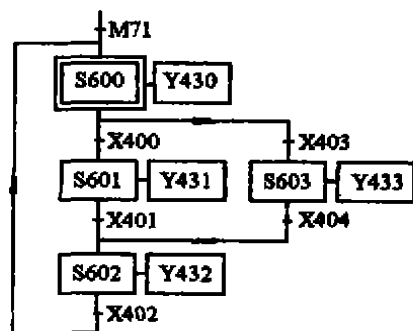


图 3 选择序列

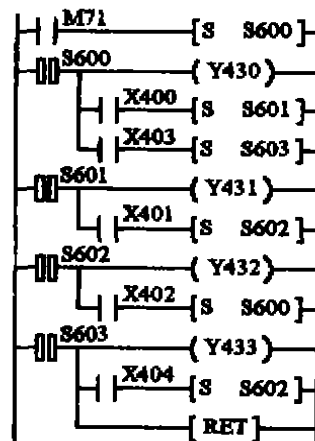


图 4 选择序列的梯形图

图 3 中的步 S600 之后有一个选择序列的分支。当步 S600 是活动步(S600 为“1”状态)时,如果转换条件 X400 为“1”状态,将执行左边的序列,如果 X403 为“1”状态,将执

— 自动控制 —

行右边的序列。

图 4 是与图 3 对应的梯形图,它的设计方法与单序列顺序功能图的梯形图设计方法基本相同。如果在某一步的后面有 N 条选择序列的分支,则该步的 STL 触点开始的电路块中应有 N 条分别指明各转换条件和转换目标的并联电路。例如步 S600 之后的转换条件为 X400 和 X403,分别可能进展到步 S601 和 S603,所以在 S600 的 STL 触点开始的电路块中,有两条由 X400 和 X403 作为置位条件的串联支路。

2.2 选择序列的合并的梯形图设计方法

图 3 中步 S602 之前有一个由两条支路组成的选择序列的合并,当 S601 为活动步,转换条件 X401 得到满足,或者 S603 为活动步,转换条件 X404 得到满足,都将使步 S602 变为活动步,同时系统程序使原来的活动步变为不活动步。

在梯形图中,由 S601 和 S603 的 STL 触点驱动电路块中的转换目标均为 S602,对它们的后续步 S602 的置位(将它变为活动步)是用 S 指令实现的,对相应前级步的复位(将它变为不活动步)是由系统程序自动完成的。其实在设计梯形图时,没有必要特别留意选择序列的合并如何处理,只要正确地确定每一步的转换条件和转换目标,就能“自然地”实现选择序列的合并。

在图 4 中指令 S S602 下面一定要使用 RET 指令,才能使 LD 点回到左侧母线上,否则系统将不能正常工作。

2.3 并行序列的分支的梯形图设计方法

图 5 是并行序列的顺序功能图,由 S601、S602 和 S604、S605 组成的两个单序列是并行工作的,设计梯形图时应保证这两个序列同时开始工作和同时结束,即两个序列的第一步 S601 和 S604 应同时变为活动步,两个序列的最后一步 S602 和 S605 应同时变为不活动步。

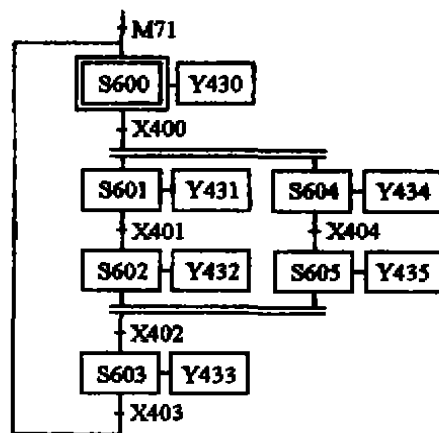


图 5 并行序列

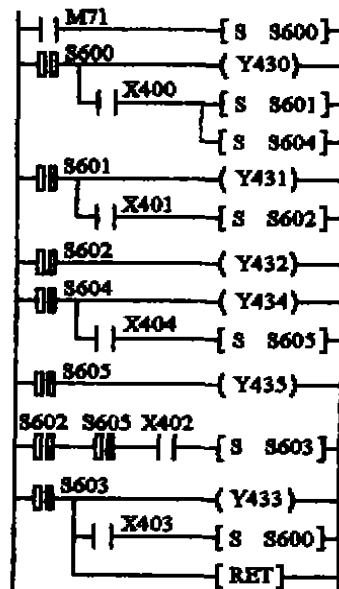


图 6 并行序列的梯形图

图 6 是图 5 中的顺序功能图对应的梯形图,并行序列的分支的处理是很简单的。在图 5 中,当步 S600 是活动步,并且转换条件 X400=1,步 S601 和 S604 同时变为活动步,两个序列开始同时工作。在图 6 中,当 S600 的 STL 触点和 X400 的常开触点均接通时,S601 和 S604 被同时置位,系统程序将前级步 S600 变为不活动步。

2.4 并行序列的合并的梯形图设计方法

图 5 中并行序列合并处的转换有两个前级步 S602 和 S605,根据转换实现的基本规

则,当它们均为活动步并且转换条件满足(即 $S602 \cdot S605 \cdot X402 = 1$ 时),将实现并行序列的合并,即转换的后续步 $S603$ 变为活动步($S603$ 被置位),转换的前级步 $S602$ 和 $S605$ 同时变为不活动步(由系统程序完成)。在梯形图中,用 $S602$ 、 $S605$ 的 STL 触点和 $X402$ 的常开触点组成的串联电路使 $S603$ 置位。在图 6 中, $S602$ 和 $S605$ 的 STL 触点出现了两次,如果不涉及并行序列的合并,同一状态寄存器的 STL 触点只能在梯形图中使用一次。

F_1 系列 PLC 规定串联的 STL 触点的个数不能超过 8 个,换句话说,一个并行序列中的序列数不能超过 8 个。

3 复杂的顺序功能图的梯形图设计举例

图 8 是图 7 对应的梯形图,在图 7 的步 $S604$ 之后有一个选择序列的分支,因此在 $S604$ 的 STL 触点驱动的电路上,有两条指明转换条件($X404 \cdot C460$ 和 $X404 \cdot \overline{C460}$)和转换目标(步 $S605$ 和步 $S603$)的并联支路,转换条件中的“与”运算是用两个触点的串联电路实现的。

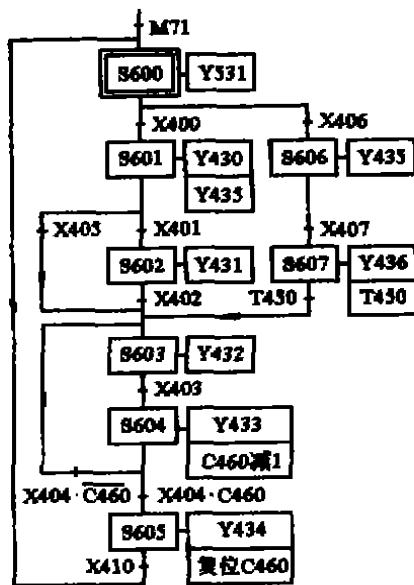


图 7 复杂的顺序功能图

图 7 中步 $S603$ 之前有一个由 4 条支路组成的选择序列的合并,当 $S602$ 、 $S607$ 、 $S601$ 、 $S604$ 这 4 步分别为活动步,并且相应的转换条件满足,都会使步 $S603$ 变为活动步,同时使原来的活动步变为不活动步。

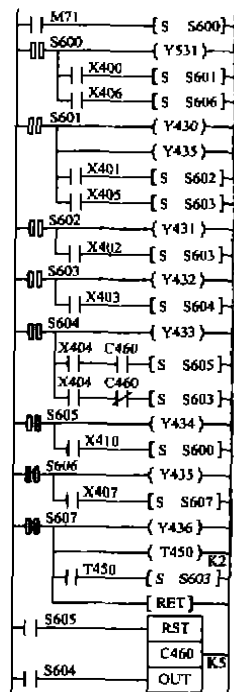


图 8 梯形图

在梯形图中,由 $S602$ 、 $S607$ 、 $S601$ 、 $S604$ 的 STL 触点驱动的电路上均有 $S603$ 。

在没有并行序列时,一个状态寄存器的 STL 触点只能在梯形图中出现一次,因此与计数器相连的 $S605$ 和 $S604$ 的触点只能使用一般的常开触点和 LD 指令。

4 仿 STL 指令的顺序控制梯形图设计方法

使用 STL 指令的设计方法很容易掌握,编制出的程序也较短,因此很受梯形图设计人员的欢迎。对于没有 STL 指令的 PLC,也可以仿照 STL 指令的设计思路来设计顺序

(下转 45 页)

件,还能达到降低成本的目的。要说明的是,当同时需要考虑其它问题(象 R_s 、 R_c 对偏置问题的影响)时,应作全面分析。

3 小结

从以上列举的几个实例的分析可见, PSPICE 可以帮助普通电路工作者解决许多电路上的问题。对元件参数已知的复杂电路,用此软件可以进行电路特性分析,解决传统方法解决不了的理论问题。PSPICE 还可以使解决实际电路技术问题的方法优化,从而

.....

(上接 29 页)

控制梯形图,这就是下面要介绍的仿 STL 指令的设计方法。

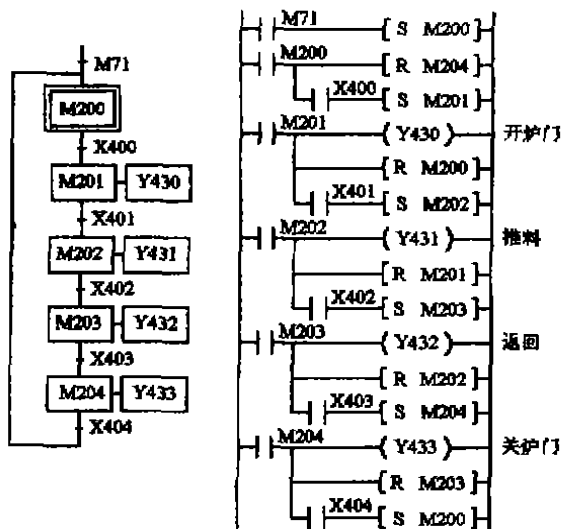


图 9 送料控制系统顺序功能图与梯形图

图 9 是某加热炉送料系统的顺序功能图与梯形图。X400 是起动按钮, X401~X404 分别是各动作结束的限位开关。除初始步外,各步的动作分别为开炉门、推料、推料机返回和关炉门。与左侧母线相连的 M200~M204 的触点,其作用与 STL 触点相似,它右边的电路块的作用为驱动负载、指定转换条件和转换目标,以及使前级步的辅助继电器复位。

由于这种设计方法用辅助继电器代替状

降低成本,提高效率。长期用计算机辅助分析,最终可提高用计算机进行电路设计的能力。

参考文献

- 1 姚立真·通用电路模拟技术及软件应用 Spice 和 Pspice·北京:电子工业出版社,1994
- 2 汪蕙,王志华·电子电路的计算机辅助分析与设计方法·北京:清华大学出版社,1996
- 3 贾新章,郝跃·电子电路 CAD 技术与应用软件·西安:电子科技大学出版社,1994
- 4 于维顺·PSPICE 软件在求解电路习题中的应用·电子器件,1997,4

态寄存器,用普通的常开触点代替 STL 触点,与使用 STL 指令的设计方法相比,有以下不同之处:

1. 与代替 STL 触点的常开触点(如图 9 中 M200~M204 的常开触点)相连的触点,应使用 AND 或 ANI 指令,而不是 LD 或 LDI 指令。

2. 对代表前级步的辅助继电器的复位,由用户程序在梯形图中用 R 指令来完成,而不是由系统程序完成。

3. 不允许出现双线圈现象,当某一输出继电器在几步中均为“1”状态时,应将代表这几步的辅助继电器的常开触点并联后,控制该输出继电器的线圈。

可以将图 9 中的 R 指令与对后续步置位的 S 指令并联(见图 10)。

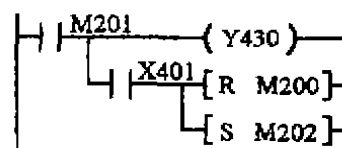


图 10 梯形图

参考文献

- 1 廖常初·可编程序控制器应用技术(修订版)·重庆大学出版社,1996,4

17-2

PLC 梯形图程序的设计方法与技巧(八)

第八讲 使用移位寄存器的顺序控制梯形图设计方法

重庆大学 廖常初 TMS77.61

[提要] 介绍了使用移位寄存器的顺序控制梯形图的设计方法,这种设计方法很容易掌握,可以用来设计复杂的控制系统的梯形图,并对几种顺序控制梯形图进行了比较。

关键词 PLC 梯形图 顺序控制 移位寄存器

移位寄存器

单序列顺序功能图要求各步的辅助继电器中只有对应活动步的那一个为“1”状态,并且要求辅助继电器的“1”状态沿顺序功能图中的方向传递,显然用移位寄存器很容易实现这种控制功能。图 1 是前面介绍过的动力头控制系统的顺序功能图和梯形图,移位寄存器的前 4 位分别代表顺序功能图中的 4 步。

辅助继电器的状态完全相同,它们相当于移位寄存器中的一位,即两个串联的移位寄存器实际上只有 31 位。除此之外,还应使两个移位寄存器具有相同的移位输入电路和复位输入电路,在梯形图中,应将后面的移位寄存器放在前面的移位寄存器的上面。

1 数据输入电路的设计方法

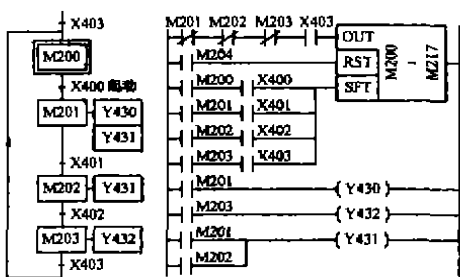


图 1 动力头控制系统顺序功能图与梯形图

F₁ 系列的移位寄存器由 16 个连续的辅助继电器组成,移位寄存器的一位代表顺序功能图中的一步。沿着有向连线规定的方向,顺序功能图中代表各步的辅助继电器的元件号应依次加 1,移位寄存器的首位应与初始步相对应。如果顺序功能图的步数大于 16,可以将两个或多个移位寄存器串联。串联时将前一个移位寄存器最后一位(如 M217)的常开触点接到下一个移位寄存器(如 M220)的 OUT 输入端,这时 M220=M217,这两个

当移位寄存器的某一位为“1”时,对应的步为活动步,为“0”时对应的步为不活动步。顺序功能图为单序列时,移位寄存器中同时只能有一位为“1”,其余各位均应为“0”;当实现某一转换的两个条件同时满足时,这个“1”应往右移一步。顺序功能图最后一步中的“1”则应返回首步,即应组成一个环形移位寄存器。

F₁ 系列的移位寄存器的首位没有自保持功能,它相当于一个门电路,其状态由数据输入电路的状态决定。数据输入电路应使系统在初始状态时首位为“1”,而在其它步为活动步时首位为“0”。在图 1 中,有

$$M200 = X403 \cdot \overline{M201} \cdot \overline{M202} \cdot \overline{M203}$$

即数据输入电路由除首位外的其余各位的常闭触点和与初始状态(X403=1)对应的触点电路串联而成。假设 PLC 开始运行时动力头在左边的初始位置,限位开关 X403 为“1”状

—— 自动控制 ——

态,因为 M201~M203 无断电保持功能,PLC 开始运行时它们均为“0”状态,故数据输入电路中各串联触点全部为“1”状态,使首位 M200 为“1”,保证了初始化的要求。

当步 M201~M203 中有一个为活动步时,数据输入电路中的 3 个常闭触点中总有一个是断开的,使 M200 为“0”状态,保证了 M200~M203 中同时只有一个处于“1”状态。

2 移位输入电路的设计

在用移位寄存器来实现对代表步的辅助继电器的控制时,转换的实现是用移位寄存器的移位来完成的。当任一转换实现的两个条件得到满足时,移位输入电路均应给移位寄存器提供移位脉冲。由前面的顺序控制梯形图设计方法可知,转换 X_i 实现的两个条件可用 X_i 与它的前级步 M_{i-1} 的常开触点的串联电路来表示,将这些串联电路并联起来,就是移位寄存器的移位输入电路(见图 1)。

3 复位输入电路的处理与环形移位寄存器的实现

图 1 中的顺序功能图是环形结构,显然移位寄存器也应是环形的,即要求 M200~M203 中只有一个为“1”状态,并且这个“1”状态在它们组成的闭环中移动。这样的移位寄存器就好象是控制一个发亮的灯移位的 4 位环形彩灯控制器。

图 1 所示梯形图的工程过程如下:设 PLC 刚开始运行时,仅有 M200 为“1”状态,按下起动按钮 X400,移位输入电路第一行的 M200 和 X400 的常开触点均接通,使 M200 的“1”状态移到 M201,M201 的常闭触点断

开,使 M200 变为“0”状态,M201 的常开触点使 Y430 和 Y431 变为“1”状态,动力头快速进给。以后各限位开关为“1”状态产生的移位脉冲使移位寄存器中的“1”状态顺序向右移动。M201~M203 依次为“1”状态,并且同时只有一个为“1”状态。在后三步中,它们在数据输入端的常闭触点总有一个是断开的,所以 M200 一直为“0”状态。X403 为“1”状态产生的第四个移位脉冲使“1”状态移入 M204,M204 的常开触点使移位寄存器复位(后 15 位变为“0”状态),M201~M203 的常闭触点均闭合,使 M200 变为“1”状态,系统返回初始步。

从最后一步返回初始步时,可以不将移位寄存器复位,即去掉图 6-14 中 M204 的常开触点和 RST 指令。当 M203 中的“1”状态移入 M204 时,M201~M203 的常闭触点均为“1”状态,使 M200 为“1”状态,系统也能返回初始步。虽然 M204 中的“1”状态以后还会向右移位,但是由于没有使用 M204~M217,对系统的工作不会有什么影响。

F₁ 系列 PLC 的移位寄存器由 16 个辅助继电器组成,它们都参与了移位操作。图 1 中的移位寄存器实际上只用了前 4 位,后面的 12 位(M204~M217)不能再作它用,即不能对它们使用 OUT 指令。

4 复杂的顺序功能图的梯形图设计方法

下面用一个实例来介绍如何用移位寄存器来设计具有复杂的顺序功能图的控制系统的梯形图。

某专用铣床用于铣削圆盘状零件上均匀分度的 8 个槽。图 2 是铣床工作台运动示意

图和顺序功能图,它包含选择序列的分支与合并、逆向跳步和控制循环次数等基本环节。PLC用Y430~Y436控制7只电磁阀,其中控制工件夹紧的Y430除步M300之外都应为“1”状态,所以用S、R指令控制它的“0”/“1”状态。

PLC刚开始工作时,M71将计数器C460和移位寄存器的后15位复位(见图2),移位寄存器的数据输入电路使M300为“1”状态,Y430复位,Y431变为“1”状态,夹紧装置松开。工人装好工件后,按下“夹紧”按钮X400,它产生的移位脉冲使M300中的“1”状态移入M301,M300和Y431变为“0”状态,Y430变为“1”状态,工件被夹紧。

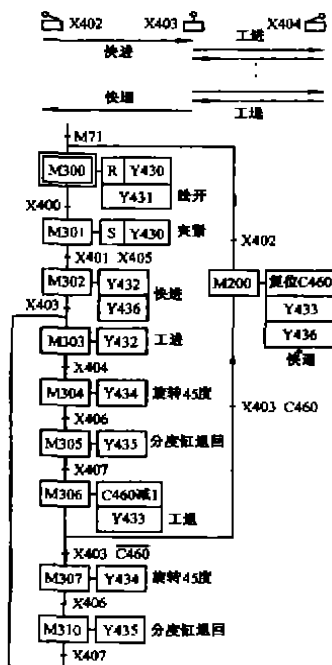


图2 专用铣床控制系统顺序功能图

夹紧油缸里的压力上升到设定值时,压力继电器X405变为“1”状态,按下“加工启动”按钮X401,M301中的“1”状态移入M302,工作台快速进给,碰到限位开关X403

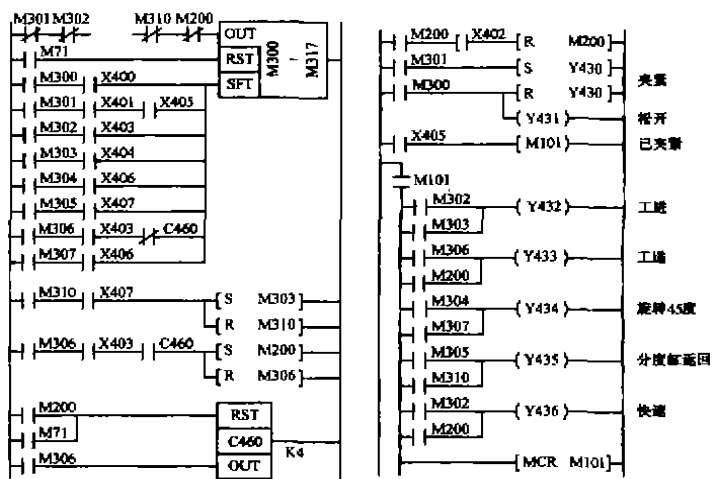


图3 专用铣床控制系统梯形图

后,变为工进。铣完第一个槽后,限位开关X404使系统转换到步M304,工进停止,分度油缸使工件旋转45°;碰到限位开关X406后,进入步M305,分度油缸返回;返回到位时,限位开关X407为“1”状态,系统进入步M306,工作台反向进给(简称工退),同时C460减1。铣完第二个槽后,工件又旋转45°,以后将不断重复执行工进→分度旋转→工退→分度旋转的过程,铣完8个槽后,C460的当前值减到0,其常开触点接通,系统进入步M200(快退)。工作台退回到起点后,限位开关X402为“1”状态,系统返回初始步M300,工件被松开。

专用铣床控制系统的梯形图如图3所示,移位寄存器适合对步数较多的单序列编程。如果在复杂的顺序功能图中,能找出一个步数较多的“主序列”,并且其它序列的步数不多,这样的系统很适合于用移位寄存器编程。编程时用移位寄存器的各位代表主序列中的各步,其它序列中的各步可以用S、R指令或通用逻辑指令来编程。我们将专用铣床控制系统中步M300~M310组成的序列作为主序列,M200则用S、R指令来控制。

—— 自动控制 ——

移位输入电路中的各串联支路,由主序列中各步(最后一步除外)对应的辅助继电器的常开触点和相应步之后的转换条件对应的触点串联而成。

为了保证同时只有一步是活动的,将初始步 M300 之外的其余各步的辅助继电器的常闭触点串联,作为移位寄存器的数据输入电路。

主序列中选择序列的分支与合并(包括主序列内部的跳步)可以用 S、R 指令编程。例如对于步 M310 到步 M303 的跳步,是用 M310 和 X407 的常开触点串联电路来控制 M303 的置位和 M310 的复位的, M306 到 M200 的转换也是用类似的方法实现的。

步 M200 到步 M300 的转换是通过对步 M200 的复位实现的, M200 复位后, M301~M310 和 M200 均为“0”状态,移位寄存器的数据输入电路为“1”状态,使 M200 变为“1”状态。

为了防止加工过程中因工件没有夹紧(压力继电器 X405 为“0”状态)造成的事故,设置了用 M101 的主控触点组成的安全联锁电路。

5 几种顺序控制梯形图设计方法的比较

下面将从几个方面对设计顺序控制梯形图的几种方法加以比较。

5.1 通用性

起保停电路仅由触点和线圈组成,各种型号的 PLC 的指令系统都有与触点和线圈有关的指令,因此使用起保停电路的设计方法的通用性最强,可以用于任意一种型号的 PLC。

象 STL 这一类专门为顺序控制设计的指令,只能用于某一 PLC 厂家的某些 PLC 产品,属于专用指令。

各种 PLC 的指令系统都有对某些编程元件置位和复位的功能。有的 PLC 使用置位、复位功能可以分开的指令,加三菱公司的 S、R 指令;有的 PLC 的置位、复位功能不能分开,如 OMRON 公司的锁存继电器功能。以转换为中心的设计方法和仿 STL 指令的设计方法要求指令的置位、复位功能可以分开,使用锁存继电器的设计方法则与之相反,这两种设计方法的应用范围也很广。

三菱公司 F₁ 系列 PLC 的移位寄存器的后 15 位有记忆功能,相当于数字电路中的触发器,但是首位没有记忆功能,相当于数字电路中的门电路。有的厂家(如 OMRON)的移位寄存器首位也有记忆功能,在用移位寄存器设计顺序控制梯形图时应注意上述差异。本章介绍的使用移位寄存器的设计方法应用面较窄。

5.2 不同设计方法设计的程序长度比较

附表 用各种设计方法设计的程序长度比较

设计方法	步数
使用起保停电路的设计方法	30
使用锁存器的设计方法	29
使用 STL 指令的设计方法	21
仿 STL 指令的设计方法	26
以转换条件为中心的设计方法	30
使用移位寄存器的设计方法	26

笔者分别用前面介绍的 6 种设计方法,设计了第七讲中加热炉送料系统的梯形图,各梯形图占用用户程序存贮器的步数(即指令的条数)如附表所示。可以看出,用 STL 指令设计的程序最短,用其它各种方法设计的程序的长度相差不是很大。对于某些设计方法(如使用起保停电路),程序的长度与输出继电器是否仅在顺序功能图的某一步为“1”状态有关。

PLC 的用户程序存贮器一般是足够用的,程序稍长所增加的工作量也很小,因此没有必要在缩短用户程序上花太多的精力,特别是在两种设计方法设计出的指令表程序的

长度相差不多的时候。

5.3 电路结构及其它方面的比较

在使用起保停电路和锁存继电器的设计方法中,以代表步的编程元件为中心,用一个电路来实现对这些编程元件的置位和复位。

用移位寄存器实现顺序控制时,代表步的辅助继电器顺序变为“1”状态和“0”状态是用移位功能实现的,移位功能同时实现了对前级步的复位和对后续步的置位。在初始化时一般要求对代表步的辅助继电器复位,用移位寄存器的复位输入(RST)功能来完成这一任务是非常方便的。用移位寄存器设计的梯形图电路看起来很简洁,所用的指令也较少。如果顺序功能图以单序列为主,并且步数较多,可以采用这种设计方法,但是如果顺序功能图非常复杂,有很多选择序列和并行序列,用这种方法来设计梯形图就不太方便了。

以转换为中心的设计方法直接、充分地体现了转换实现的基本规则,无论是对单序列、选择序列还是并行序列,控制代表步的辅助继电器的置位、复位电路的设计方法都是相同的。这种设计方法的思路清楚,容易理解和掌握,用它设计复杂系统的梯形图特别方便。

使用 STL 指令与仿 STL 指令的设计方法以 STL 触点或辅助继电器的常开触点为中心,它们与左侧母线相连,当它们闭合时,驱动在该步应为“1”状态的输出继电器,为实现下一步的转换作好准备,同时通过系统程序或用指令将前级步对应的编程元件复位。使用仿 STL 指令的设计方法时,应注意与使用 STL 指令的区别。

一般来说,专门为顺序控制设计法提供的指令和编程元件,具有使用方便、容易掌握和编制的程序较短等优点,应优先采用。以三菱公司的 F_1 、 F_2 、 FX_2 系列 PLC 为例,它们的 STL 指令有以下优点:

(1)在转换实现时,对前级步的状态寄存

器和由它驱动的输出继电器的复位是由系统程序完成的,而不是由用户程序在梯形图中完成的,因此用 STL 指令设计的程序最短。

(2)STL 触点具有与主控指令(MC)相同的特点,即 LD 点移到了 STL 触点的右端,对于选择序列的分支对应的指明转换条件和转换目标的并联电路的设计,是很方便的。用 STL 指令设计复杂系统的梯形图时更能显示其优越性。

(3)与条件跳步指令(CJP)类似,CPU 不执行处于断开状态的 STL 触点驱动电路块中的指令,在没有并行序列时,同时只有一个 STL 触点为“1”状态,因此使用 STL 指令可以显著地缩短用户程序的执行时间,提高 PLC 的输入、输出响应速度。

(4)对于不用 STL 指令的设计方法,一般不允许出现双线圈现象,即同一编程元件的线圈不能在两处或多处出现(唯一的例外是允许同一元件的线圈分别在跳步条件相反的跳步区内各出现一次)。在用这些方法设计输出电路时,应仔细观察顺序功能图或状态表,对那些在两步或多步中为“1”状态的输出继电器,应将各有关步对应的编程元件的常开触点并联后驱动这些输出继电器的线圈。当顺序功能图的步数很多、输出继电器也很多时,输出电路的设计工作量是很大的,稍有不慎就会出错。

在使用 STL 指令的设计方法中,不同的 STL 触点可以驱动同一编程元件的线圈,输出电路实际上分散到各 STL 触点驱动电路块中去了。设计时只需注意某一步有哪些输出继电器应被驱动,不必考虑同一输出继电器是否在别的步也被驱动,因此大大简化了输出电路的设计。

参考文献

- 1 廖常初·可编程序控制器应用技术(修订版)·重庆:重庆大学出版社,1996(4)

16-20

PLC 梯形图程序的设计方法与技巧(九)

第九讲 具有多种工作方式的系统的梯形图设计方法

重庆大学(400044) 廖常初

TM571.6

[提要] 介绍了三种具有手动、单周期、连续和单步等工作方式的系统的顺序控制梯形图设计方法,这些设计方法非常规范,很容易掌握

关键词 PLC 梯形图 工作方式

程序控制 程序设计

为了满足生产的需要,很多工业设备都需要设置几种不同的工作方式,常见的有手动、单步、单周期和连续 4 种工作方式,后 3 种属于自动工作方式。本讲以第三讲中一处卸料的送料小车的控制系统为例(见图 1),介绍具有多种工作方式的系统的梯形图设计方法。

切断 PLC 的负载电源,设置了交流接触器 KM(见图 4)。在 PLC 开始运行时按下“电源”按钮,使 KM 线圈得电并自锁,KM 的主触点接通,给 PLC 的负载提供交流电源。出现紧急情况时用“紧急停车”按钮断开 PLC 的负载电源。

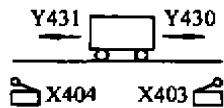


图 1 送料小车示意图

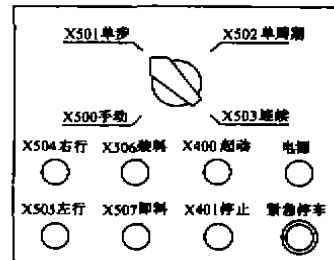


图 3 操作面板示意图

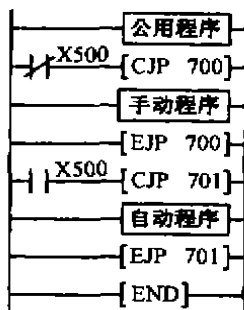


图 2 梯形图的总体结构

自动程序部分的顺序功能图如图 5 所示,第一次进入初始步的转换条件 $(M71 + X500) \cdot X404$ 放在公用程序中(见图 7)。

梯形图的总体结构如图 2 所示。选择手动工作方式时 X500 为“1”状态,将跳过自动程序,执行公用程序和手动程序。选择自动工作方式时 X500 为“0”状态,将跳过手动程序,执行公用程序和自动程序。

系统的操作面板如图 3 所示。工作方式选择开关的 4 个位置分别对应于 4 种工作方式,左边的 4 个按钮是手动按钮。为了保证在紧急情况下(包括 PLC 发生故障时)可靠地

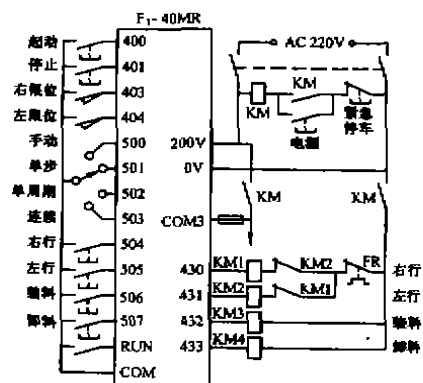


图 4 PLC 的外部接线图

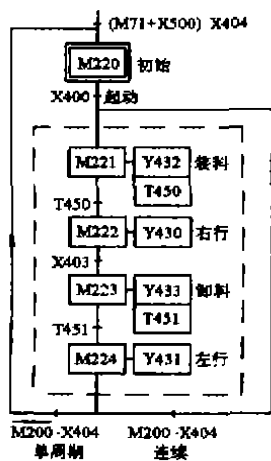


图5 顺序功能图

图5所示的顺序功能图是一种典型的结构,对于不同的控制系统的顺序功能图,除图5中虚线框内的部分外,其余部分的结构都是相同的。

如果选择的是单周期工作方式,按下启动按钮X400后,从初始步开始,小车按顺序功能图的规定完成一个周期的工作,返回并停留在初始步。如果选择连续工作方式,在初始状态按下启动按钮后,小车从初始步开始一个周期一个周期地反复连续工作。按下停止按钮后,并不马上停止工作,在完成最后一个周期的工作后,系统才停在初始步。在单步工作方式,从初始步开始,按一下启动按钮,系统转换到下一步,完成该步的任务后,自动停止工作并停在该步,再按一下启动按钮,又往前走一步。

图6是手动程序,手动按钮X504~X507分别用来控制各负载的点动运行。为了保证系统的安全运行,设置了一些必要的联锁,例如右限位开关X403的常闭触点与控制右行的输出继电器Y430的线圈串联,使小车在手动右行时不会超限,X404的常开触点与控制装料的输出继电器Y432的线圈串联,以保证小车停在装料处才能手动装料,Y430和Y431的常闭触点用于异步电动机正反转的互锁。

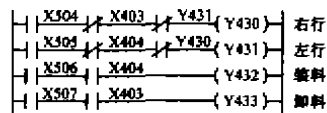


图6 手动程序

1 使用起保停电路的编程方式

公用程序(见图7)用于自动程序和手动程序相互切换的处理。当系统在手动工作方式时,必须将除初始步以外的各步对应的辅助继电器(M221~M224)复位,同时将表示连续工作状态的M200复位,否则当系统从自动工作方式切换到手动工作方式,然后又返回自动工作方式时,可能会出现同时有两个活动步的异常情况,引起错误的动作。

由公用程序可知,当小车停在装料位置(X404为“1”状态),在PLC开始执行用户程序(M71为“1”状态)或系统处于手动状态(X500为“1”状态)时,初始步对应的M220将被置位,为进入自动工作方式作好准备。如果X404为“0”状态,M220将被复位,初始步为不活动步,系统不能在自动工作方式下正常运行。

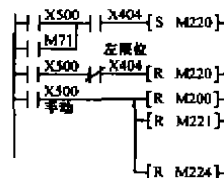


图7 公用程序

在执行自动程序之前,如果系统没有处于初始状态(初始状态是指小车卸完料后停在左端,限位开关X404为“1”状态),应选择手动工作方式,用手动按钮操作使系统进入初始状态后,再进入自动工作方式工作,也可以增设一种使系统自动进入初始状态的工作方式。

图8是用起保停电路设计的自动程序,

— 自动控制 —

回初始步 S600。因为没有自保持功能,此时 M575 处于“0”状态,S601 不会被置位,系统停在初始状态。如果在单周期运行期间(X502 为“1”状态)按下停止按钮 X401, M574 为变“1”状态并自锁,通过系统程序禁止状态的转换。完成当前步的任务后,停留在当前步,直到按下起动按钮, M574 变为“0”状态,才能继续完成一个工作周期的任务。

连续工作方式时 X503 为“1”状态,在初始步按下起动按钮 X400, M575 变为“1”状态并自锁,同时 M574 变为“0”状态。工作一个周期后返回初始步,这时 X404 和 M575 都为“1”状态,所以马上转换到装料步,开始下一个周期的工作,系统将这样连续工作下

去。按下停止按钮 X401, M575 变为“0”状态,完成最后一个周期的工作后,停留在初始步。

在单步工作方式, X501 的常开触点使 M574 为“1”状态,状态转换一般是禁止的。在完成某一步的操作后,虽然顺序功能图中的转换条件成立,由于 M574 的作用,仍然停留在该步。按下起动按钮 X400, M574 变为“0”状态, M575 为“1”状态(均不能保持),系统才能前进一步。

参 考 文 献

- 1 廖常初. 可编程序控制器应用技术(修订版). 重庆大学出版社, 1996, 4

PLC 在使用中的常见故障分析

山东鲁南水泥厂 宋传奇

鲁南水泥厂是我国第一条自行设计并安装的窑外分解水泥生产线,年产 130 万吨,整个生产过程采用 PLC 控制技术,采用的 PLC 主要是美国 MODICON 公司的 884 系列。

884 PLC 系统自 1985 年投运以来,经过十多年运行,不断修改完善,状况基本稳定,下面介绍实际运行中遇到的几个典型故障并加以分析。

1 系统掉电

现象: P884 或 P800 电源模块突然失电,继而由此供电的主机模块和 I/O 模块也全部失电,系统所控设备全跳车。

原因: 电网波动造成给系统供电的单极空气开关跳断,从而造成系统断电。

处理: 检查供电电源,将单极空气开关复位。

2 程序丢失

现象: 电源模块运行正常,主机模块(P-884A) RUN 指示灯和 MODBUS PLUS 指示灯不亮,通讯模块 J820/J821 发送灯(Transmit)和接收灯(Received)不亮, I/O 模块无指示。

原因: ① PLC P884A 主机内存保护锂电池失效,从而使内存清零,造成存储在其中的程序文件丢失。此时主机模块上的电池灯(Battery OK)不亮。② 主机模块本身故障引起主要是主机内电子元器件老化,造成其 CPU 不能对内存控制,以致认为程序丢失。③ 计算机编程器和主机联机时,操作失误也可能

造成程序丢失。

处理: 若为情况①,则更换锂电池,重新装载 PLC 程序;若为②,则更换主机模块,装载 PLC 程序;若为③,则严格按规程操作,重新安装 PLC 程序。

3 通讯中断

现象: 电源模块运行正常,主机模块通讯状态灯(Modbus Plus)不闪烁,通讯模块 J820 有发送信号而无接收信号或 J821 有接收信号而无发送信号,或两者既无接收信号也无发送信号,且现场设备跳车。此故障发生率最高。

原因: ① 电源模块(P884、P800、P810)掉电或输出电路故障,未能给 J820/J821 供电,使通讯模块不工作。② 主机模块程序丢失。③ 通讯模块 J820/J821 自身故障。④ 通讯电缆故障。⑤ 对讲机等带有射频信号干扰的设备也可能造成通讯中断。

处理: 认真排查,确定故障点,然后再作处理。若为①,则更换电源模块或重新供电;若为②,则重新装载程序;若为③,则更换 J820 或 J821;若为④,则更换电缆或修复;若为⑤,则移开带有射频干扰的设备。

以上所述只是其中的几个典型故障。由于 884 PLC 备品备件的匮乏和其主机系统软件固有的一些弊病,其更新换代已势在必行。但目前,我们只有做好对 PLC 设备的维护和处理。