

项目 1

料仓自动进料控制设计与实现

任务 1 进料气缸双向电磁阀控制设计与实现

1.1.1 任务要求

1.1.1.1 项目说明

井道式料仓采用双作用气缸，配合落料监测开关，实现目标工件的自动连续供料。系统结构如图 1-1 所示。

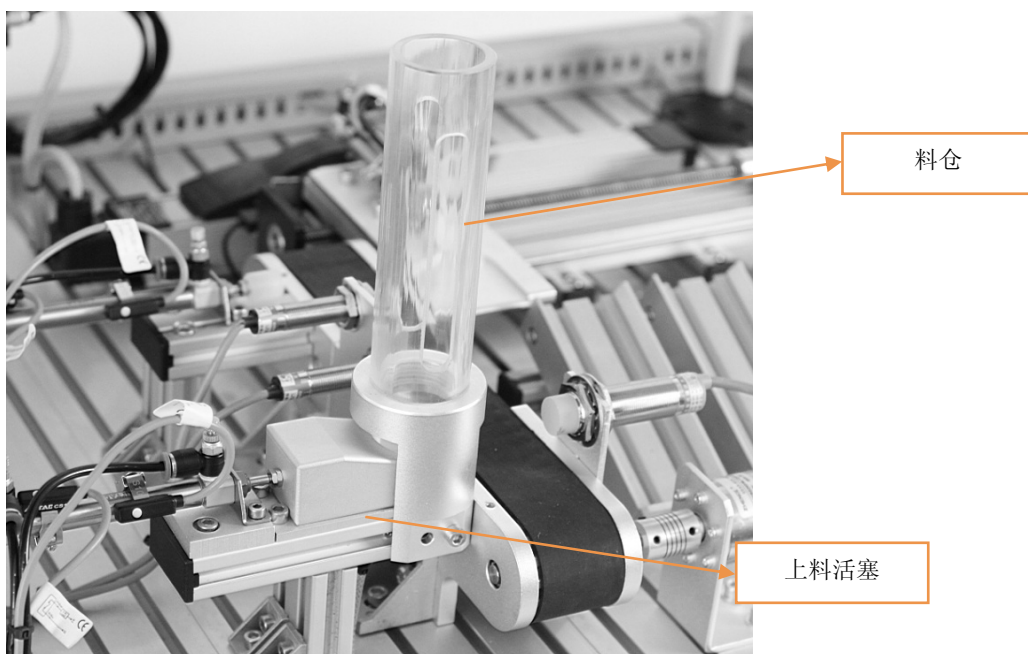


图 1-1 系统示意图

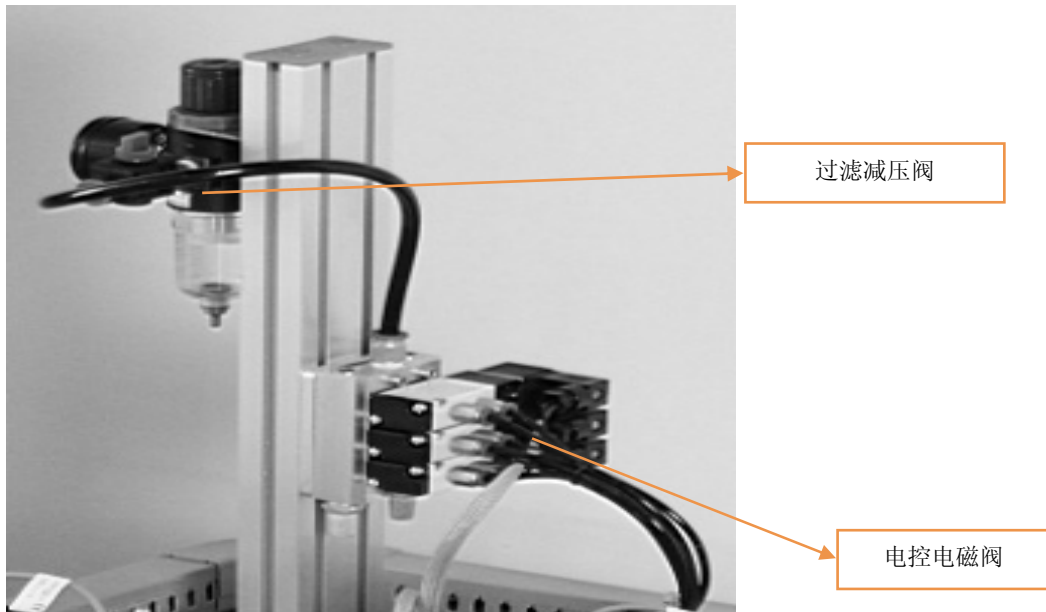


图 1-1 系统示意图（续图）

1.1.1.2 任务导入

应用 PLC 技术实现生产线自动供料。

1.1.1.3 甲方要求

- (1) 用起动和停止按钮控制电控电磁阀打开和关闭。
- (2) 按下起动按钮，电磁阀打开时活塞将料仓中的物料送到传送带上，按下停止按钮，关闭电磁阀活塞退回原位。
- (3) 用指示灯显示电磁阀工作状态。

【任务单】

项目名称	料仓自动进料控制设计与实现	任务名称	进料气缸双向电磁阀控制设计与实现
学习小组		指导教师	
小组成员			
工作任务			
任务要求			
<ol style="list-style-type: none"> 1. 对控制系统进行正确的分析，确定 PLC 的 I/O 分配； 2. 绘制 PLC 控制电路图； 3. 完成 PLC 控制电路的接线安装； 4. 按照控制要求编写控制程序； 5. 根据基本指令编写相应的梯形图程序； 6. 能够熟练把梯形图转换为语句表； 7. 能够将程序输入 PLC； 8. 完成 PLC 控制系统的调试、运行和分析 			

续表

工作过程	
1. 任务分析, 获得相关资料和信息; 2. 方案设计, 讨论设计出硬件连接及程序设计; 3. 安装调试; 4. 教师总结并评定成绩; 5. 讨论、总结、反思学习过程, 各小组汇报学习体会, 总结学习方法; 6. 提交报告, 工作单、材料归档整理	
学习资源	
1. 多媒体课件 2. PLC 实训台 3. 常用电工仪表 4. 操作手册及相关网站	
知识拓展	
1. 汽缸工作原理 2. 汽路设计方法 3. 传感器与检测技术	

1.1.2 任务分析与设计

1.1.2.1 构思

1. 控制元件

起动按钮: 打开电磁阀

停止按钮: 关闭电磁阀

2. 被控对象

电磁阀: 控制气动活塞工作状态

3. 工作原理

按下起动按钮, 电磁阀打开, 活塞推动物料进入传送带; 按下停止按钮, 电磁阀关闭, 活塞退回原位。

1.1.2.2 设计

1. I/O 分配

进料气缸双向电磁阀控制系统 I/O 分配如表 1-1 所示。

表 1-1 系统 I/O 分配

输入		输出	
名称	地址	名称	地址
起动按钮	I0.0	电磁阀	Q0.0
停止按钮	I0.1	电磁阀打开指示	Q0.1
		电磁阀关闭指示	Q0.2

2. PLC 选型

机型选择的基本原则是在满足功能要求及保证可靠、维护方便的前提下, 力争最佳的性能价格比。

(1) 合理的结构型式

整体式 PLC 的每一个 I/O 点的平均价格比模块式的便宜, 且体积相对较小, 所以一般用于系统工艺过程较为固定的小型控制系统中; 而模块式 PLC 的功能扩展灵活方便, 在 I/O 点数量、输入点数与输出点数的比例、I/O 模块的种类等方面, 选择余地较大。维修时只要更换模块, 判断故障的范围也很方便。因此, 模块式 PLC 一般适用于较复杂系统和环境差(维修量大)的场合。

(2) 安装方式的选择

根据 PLC 的安装方式, 系统分为集中式、远程 I/O 式和多台 PLC 联网的分布式。集中式不需要设置驱动远程 I/O 硬件, 系统反应快、成本低。大型系统经常采用远程 I/O 式, 因为它们的装置分布范围很广, 远程 I/O 可以分散安装在 I/O 装置附近, I/O 连线比集中式的短, 但需要增设驱动器和远程 I/O 电源。多台联网的分布式适用于多台设备分别独立控制, 又要相互联系的场合, 可以选用小型 PLC, 但必须附加通信模块。

(3) 相当的功能要求

一般小型(低档) PLC 具有逻辑运算、定时、计数等功能, 对于只需要开关量控制的设备都可满足。对于以开关量控制为主、带少量模拟量控制的系统, 可选用能带 A/D 和 D/A 单元, 具有加减算术运算、数据传送功能的增强型低档 PLC。

对于控制较复杂, 要求实现 PID 运算、闭环控制、通信联网等功能, 可视控制规模大小及复杂程度, 选用中档或高档 PLC。但是中、高档 PLC 价格较贵, 一般大型机主要用于大规模过程控制和集散控制系统等场合。

(4) 响应速度的要求

PLC 的扫描工作方式引起的延迟可达 2~3 个扫描周期。对于大多数应用场合来说, PLC 的响应速度都可以满足要求, 不是主要问题。然而对于某些个别场合, 则要求考虑 PLC 的响应速度。为了减少 PLC 的 I/O 响应的延迟时间, 可以选用扫描速度高的 PLC, 或选用具有高速 I/O 处理功能指令的 PLC, 或选用具有快速响应模块和中断输入模块的 PLC 等。

(5) 系统可靠性的要求

对于一般系统 PLC 的可靠性均能满足。对可靠性要求很高的系统, 应考虑是否采用冗余控制系统或热备用系统。

(6) 机型统一

一个企业, 应尽量做到 PLC 的机型统一。主要考虑以下三个方面的问题:

- 1) 同一机型的 PLC, 其编程方法相同, 有利于技术力量的培训和技术水平的提高。
- 2) 同一机型的 PLC, 其模块可互为备用, 便于备品备件的采购和管理。
- 3) 同一机型的 PLC, 其外围设备通用, 资源可共享, 易于联网通信, 配上位计算机后易于形成一个多级分布式控制系统。

【方案设计单】

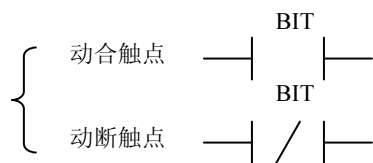
项目名称	料仓自动进料控制设计与实现		任务名称	进料气缸双向电磁阀控制设计与实现	
方案设计分工					
子任务	提交材料		承担成员	完成工作时间	
PLC 机型选择	PLC 选型分析				
低压电器选型	低压电器选型分析				
位置传感器选型	位置传感器选型分析				
电气安装方案	图纸				
方案汇报	PPT				
学习过程记录					
班级		小组编号		成员	
说明：小组每个成员根据方案设计的任务要求，进行认真学习，并将学习过程的内容（要点）进行记录，同时也将学习中存在的问题进行记录					
方案设计工作过程					
开始时间			完成时间		
说明：根据小组每个成员的学习结果，通过小组分析与讨论，最后形成设计方案					
结构框图					
原理说明					
关键器件型号					
实施计划					
存在的问题及建议					

1.1.3 相关知识

1.1.3.1 梯形图 (Ladder Diagram) 程序设计语言

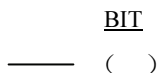
梯形图程序设计语言是最常用的一种程序设计语言，它来源于继电器逻辑控制系统的描述。在工业过程控制领域，电气技术人员对继电器逻辑控制技术较为熟悉，因此，由这种逻辑控制技术发展而来的梯形图受到了欢迎，并得到了广泛的应用。梯形图与操作原理图相对应，具有直观性和对应性；与原有的继电器逻辑控制技术的不同点是，梯形图中的能流不是实际意义的电流，内部的继电器也不是实际存在的继电器，因此，应用时，需与原有继电器逻辑控制技术的有关概念区别对待。梯形图图形指令有 3 个基本形式：

1. 触点



触点符号代表输入条件，如外部开关、按钮及内部条件等。CPU 运行扫描到触点符号时，到触点位指定的存储器位访问（即 CPU 对存储器的读操作）。该位数据（状态）为 1 时，表示“能流”能通过。计算机读操作的次数不受限制，用户程序中，常开触点、常闭触点可以使用无数次。

2. 线圈



线圈表示输出结果，通过输出接口电路来控制外部的指示灯、接触器及内部的输出条件等。线圈左侧接点组成的逻辑运算结果为 1 时，“能流”可以达到线圈，使线圈得电动作，CPU 将线圈的位地址指定的存储器的位置 1；逻辑运算结果为 0，线圈不通电，存储器的位置 0。即线圈代表 CPU 对存储器的写操作。PLC 采用循环扫描的工作方式，所以在用户程序中，每个线圈只能使用一次。

3. 指令盒

指令盒代表一些较复杂的功能，如定时器、计数器或数学运算指令等。当“能流”通过指令盒时，执行指令盒所代表的功能。

梯形图按照逻辑关系可分成网络段，分段只是为了阅读和调试方便。在本书部分举例中我们将网络段省去。图 1-2 是梯形图示例。

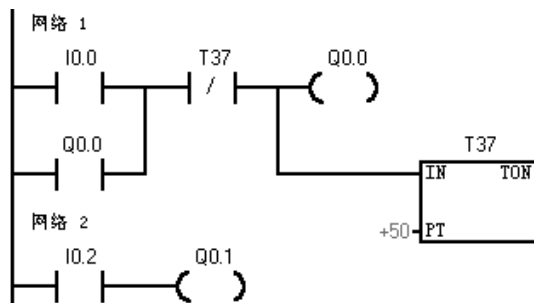


图 1-2 梯形图

1.1.3.2 语句表 (Statement List) 程序设计语言

语句表程序设计语言是用布尔助记符来描述程序的一种程序设计语言。语句表程序设计语言与计算机中的汇编语言非常相似，采用布尔助记符来表示操作功能。

语句表程序设计语言具有下列特点：

(1) 采用助记符来表示操作功能，具有容易记忆、便于掌握的特点。

(2) 在编程器的键盘上采用助记符表示，具有便于操作的特点，可在无计算机的场合进行程序设计。

(3) 用编程软件可以将语句表与梯形图进行相互转换。

【例 1-1】图 1-2 中的梯形图转换为语句表程序如下：

```

网络 1
LD   I0.0
O    Q0.0
AN   T37
=    Q0.0
TON  T37, +50
网络 2
LD   I0.2
=    Q0.1
  
```

1.1.3.3 基本位操作指令

位操作指令是 PLC 常用的基本指令，梯形图指令有触点和线圈两大类，触点又分常开触点和常闭触点两种形式；语句表指令有与、或以及输出等逻辑关系。位操作指令能够实现基本的位逻辑运算和控制。

1. 逻辑取（装载）及线圈驱动指令 LD/LDN

(1) 指令功能：

LD (LOAD)：常开触点逻辑运算的开始。对应梯形图则为在左侧母线或线路分支点处初始装载一个常开触点。

LDN (LOAD NOT)：常闭触点逻辑运算的开始（即对操作数的状态取反），对应梯形图则为在左侧母线或线路分支点处初始装载一个常闭触点。

= (OUT)：输出指令，对应梯形图则为线圈驱动。对同一元件只能使用一次。

(2) 指令格式如图 1-3 所示。

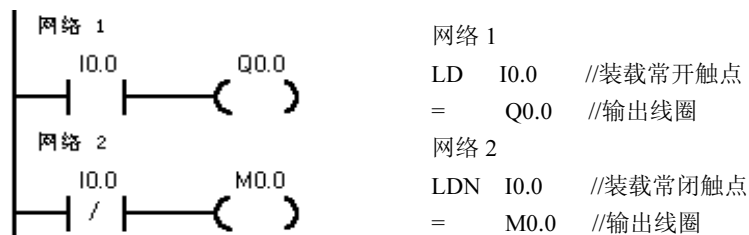


图 1-3 LD/LDN、OUT 指令的使用

(3) 说明：

1) 触点代表 CPU 对存储器的读操作，常开触点和存储器的位状态一致，常闭触点和存储器的位状态相反。用户程序中同一触点可使用无数次。

如：存储器 I0.0 的状态为 1，则对应的常开触点 I0.0 接通，表示能流可以通过；而对应的常闭触点 I0.0 断开，表示能流不能通过。存储器 I0.0 的状态为 0，则对应的常开触点 I0.0 断开，表示能流不能通过；而对应的常闭触点 I0.0 接通，表示能流可以通过。

2) 线圈代表 CPU 对存储器的写操作，若线圈左侧的逻辑运算结果为“1”，表示能流能够达到线圈，CPU 将该线圈所对应的存储器的位置 1，若线圈左侧的逻辑运算结果为 0，表示能流不能够达到线圈，CPU 将该线圈所对应的存储器的位置 0。用户程序中，同一线圈只能使用一次。

3) LD/LDN, =指令使用说明：

① LD、LDN 指令用于与输入公共母线相联的接点，也可与 OLD、ALD 指令配合使用于分支回路的开头。

② “=” 指令用于 Q、M、SM、T、C、V、S。但不能用于输入映像寄存器 I。输出端不带负载时，控制线圈应尽量使用 M 或其他，而不用 Q。

“=” 可以并联使用任意次，但不能串联，如图 1-4 所示。

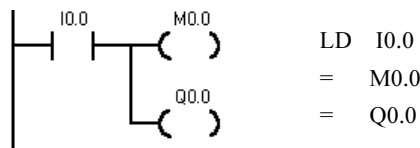


图 1-4 输出指令可以并联使用

③ LD/LDN 的操作数：I、Q、M、SM、T、C、V、S。

“= (OUT)” 的操作数：Q、M、SM、T、C、V、S。

2. 触点串联指令 A (AND)、AN (AND NOT)

(1) 指令功能：

A (AND)：与操作，在梯形图中表示串联连接单个常开触点。

AN (AND NOT)：与非操作，在梯形图中表示串联连接单个常闭触点。

(2) 指令格式如图 1-5 所示。

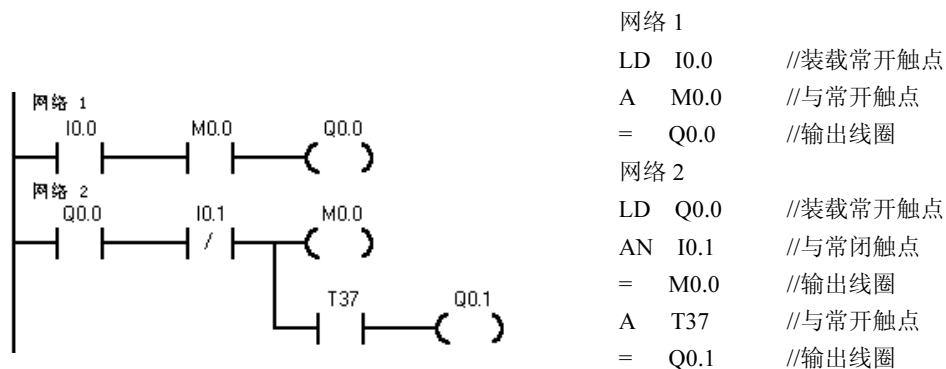


图 1-5 A/AN 指令的使用

(3) A/AN 指令使用说明：

1) A、AN 是单个触点串联连接指令，可连续使用，如图 1-6 所示。

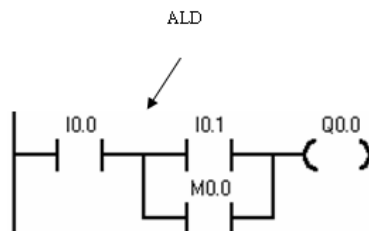


图 1-6 A/AN 指令示例

2) 若要串联多个接点组合回路时, 必须使用 ALD 指令, 如图 1-7 所示。

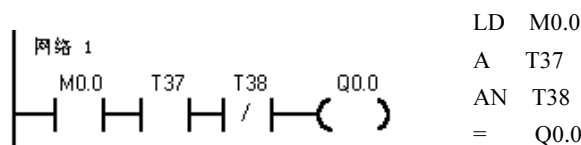


图 1-7 ALD 指令示例

3) 若按正确次序编程 (即输入: 左重右轻、上重下轻; 输出: 上轻下重), 可以反复使用 “=” 指令, 如图 1-8 所示。但若按图 1-9 所示的编程次序, 就不能连续使用 “=” 指令。

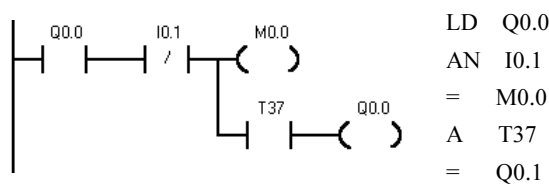


图 1-8 输出指令示例

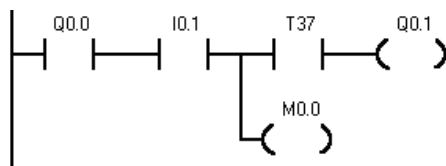


图 1-9 不能连续使用输出示例

4) A、AN 的操作数: I、Q、M、SM、T、C、V、S。

3. 触点并联指令: O (OR) /ON (OR NOT)

(1) 指令功能:

O: 或操作, 在梯形图中表示并联连接一个常开触点。

ON: 或非操作, 在梯形图中表示并联连接一个常闭触点。

(2) 指令格式如图 1-10 所示。

(3) O/ON 指令使用说明:

1) O/ON 指令可作为并联一个触点指令, 紧接在 LD/LDN 指令之后用, 即对其前面的 LD/LDN 指令所规定的触点并联一个触点, 可以连续使用。

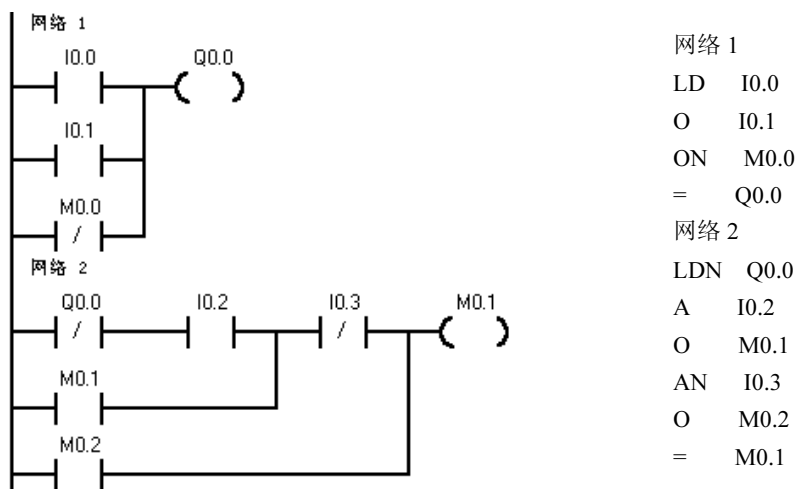


图 1-10 O/ON 指令的使用

2) 若要并联连接两个以上触点的串联回路时, 须采用 OLD 指令。

3) ON 操作数: I、Q、M、SM、V、S、T、C。

4. 电路块的串联指令 ALD

(1) 指令功能:

ALD: 块“与”操作, 用于串联连接多个并联电路组成的电路块。

(2) 指令格式如图 1-11 所示。

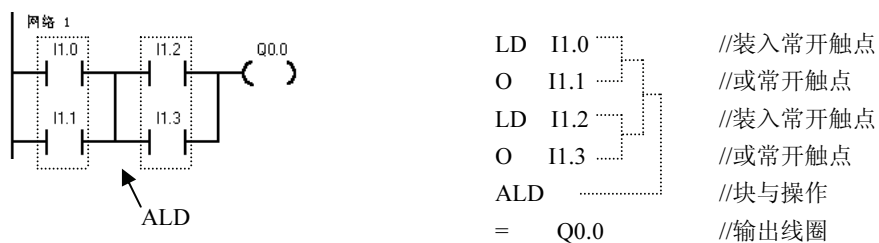


图 1-11 ALD 指令使用

(3) ALD 指令使用说明:

1) 并联电路块与前面的电路串联连接时, 使用 ALD 指令。分支的起点用 LD/LDN 指令, 并联电路结束后使用 ALD 指令与前面的电路串联。

2) 可以顺次使用 ALD 指令串联多个并联电路块, 支路数量没有限制, 如图 1-12 所示。

3) ALD 指令无操作数。

5. 电路块的并联指令 OLD

(1) 指令功能:

OLD: 块“或”操作, 用于并联连接多个串联电路组成的电路块。

(2) 指令格式如图 1-13 所示。

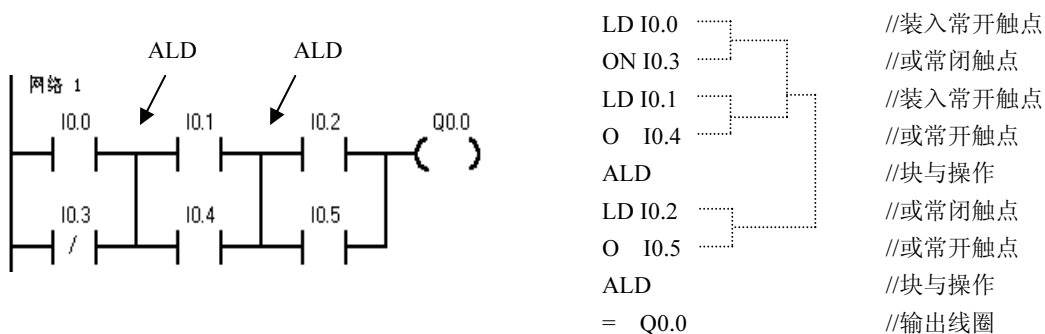


图 1-12 ALD 指令使用

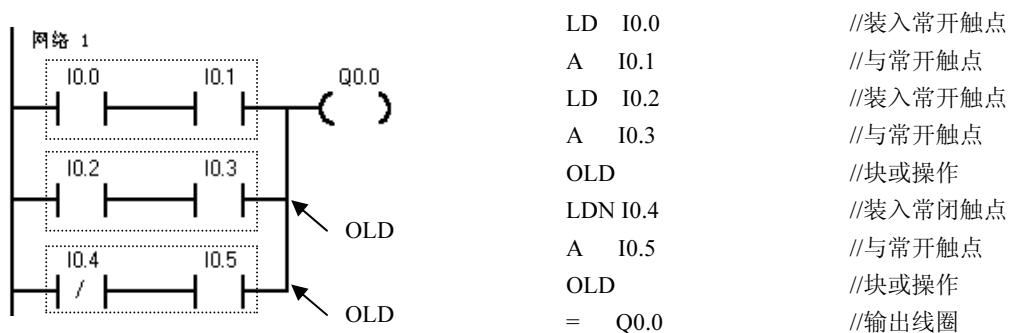


图 1-13 OLD 指令的使用

(3) OLD 指令使用说明:

- 1) 并联连接几个串联支路时, 其支路的起点以 LD、LDN 开始, 并联结束后用 OLD。
- 2) 可以顺次使用 OLD 指令并联多个串联电路块, 支路数量没有限制。
- 3) ALD 指令无操作数。

【例 1-2】根据图 1-14 所示梯形图, 写出对应的语句表。

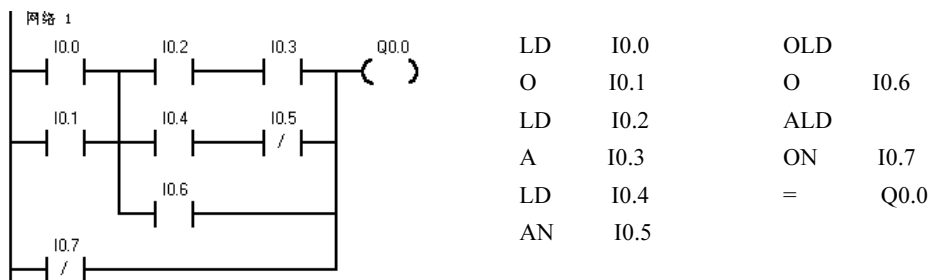


图 1-14 梯形图

6. 逻辑堆栈的操作

S7-200 系列采用模拟栈的结构, 用于保存逻辑运算结果及断点的地址, 称为逻辑堆栈。S7-200 系列 PLC 中有一个 9 层的堆栈。在此讨论断点保护功能的堆栈操作。

(1) 指令功能:

堆栈操作指令用于处理线路的分支点。在编制控制程序时,经常遇到多个分支电路同时受一个或一组触点控制的情况,如图 1-14 所示,若采用前述指令不容易编写程序,用堆栈操作指令则可方便地将图 1-14 所示梯形图转换为语句表。

LPS (入栈) 指令: LPS 指令把栈顶值复制后压入堆栈,栈中原来数据依次下移一层,栈底值压出丢失。

LRD (读栈) 指令: LRD 指令把逻辑堆栈第二层的值复制到栈顶,2~9 层数据不变,堆栈没有压入和弹出。但原栈顶的值丢失。

LPP (出栈) 指令: LPP 指令把堆栈弹出一层,原第二层的值变为新的栈顶值,原栈顶数据从栈内丢失。

LPS、LRD、LPP 指令的操作过程如图 1-15 所示。

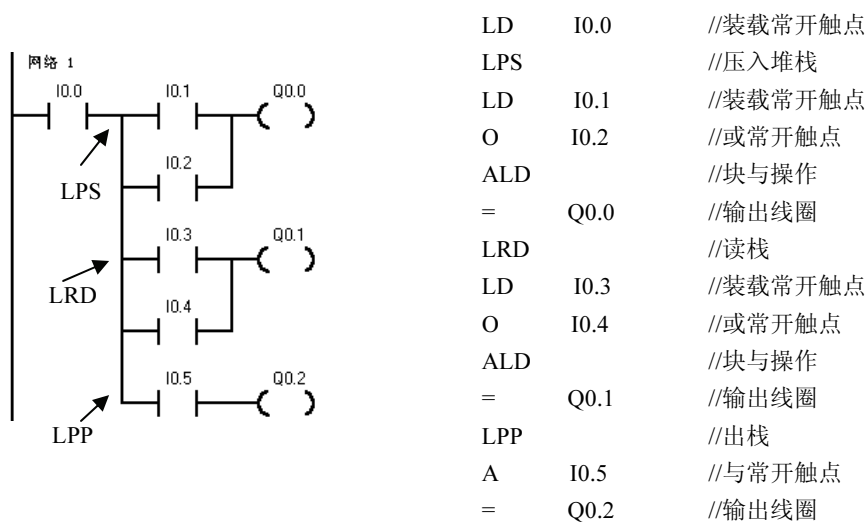


图 1-15 堆栈指令的使用

(2) 指令使用说明:

- 1) 逻辑堆栈指令可以嵌套使用,最多为 9 层。
- 2) 为保证程序地址指针不发生错误,入栈指令 LPS 和出栈指令 LPP 必须成对使用,最后一次读栈操作应使用出栈指令 LPP。
- 3) 堆栈指令没有操作数。

7. 置位/复位指令 S/R

(1) 指令功能:

置位指令 S: 使能输入有效后从起始位 S-BIT 开始的 N 个位置 1 并保持。

复位指令 R: 使能输入有效后从起始位 S-BIT 开始的 N 个位清 0 并保持。

(2) 指令格式如表 1-2 所示,用法如图 1-16 所示,时序图如图 1-17 所示。

(3) 指令使用说明:

- 1) 对同一元件(同一寄存器的位)可以多次使用 S/R 指令(与“=”指令不同)。

表 1-2 S/R 指令格式

STL	LAD
S S-BIT, N	S-BIT —() N
R R-BIT, N	R-BIT —() N

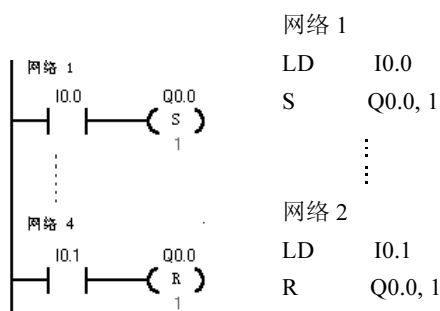


图 1-16 S/R 指令的使用

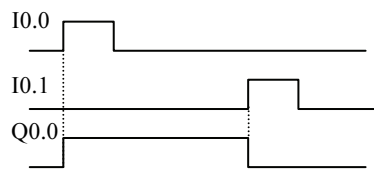
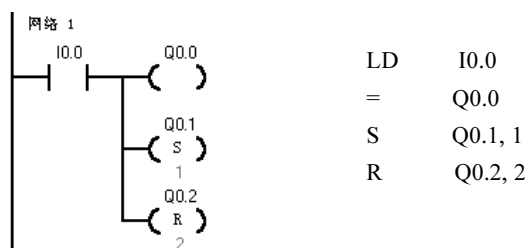


图 1-17 S/R 指令的时序图

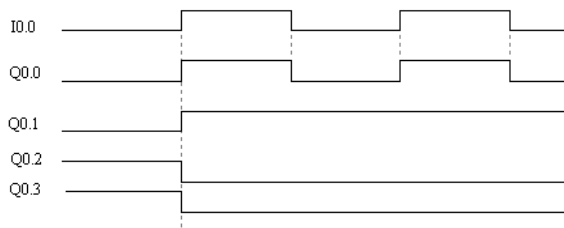
- 2) 由于是扫描工作方式，当置位、复位指令同时有效时，写在后面的指令具有优先权。
- 3) 操作数 N 为：VB, IB, QB, MB, SMB, SB, LB, AC, 常量, *VD, *AC, *LD。取值范围为：0~255。数据类型为：字节。
- 4) 操作数 S-BIT 为：I, Q, M, SM, T, C, V, S, L。数据类型为：布尔。
- 5) 置位复位指令通常成对使用，也可以单独使用或与指令盒配合使用。

【例 1-3】图 1-18 所示的置位、复位指令应用举例及时序分析。



(a) 梯形图

(b) 指令表



(c) 时序图

图 1-18 置位/复位指令应用举例

8. 脉冲生成指令 EU/ED



(1) 指令功能:

EU (Edge Up) 指令: 在 EU 指令前的逻辑运算结果有一个上升沿时 (由 OFF→ON) 产生一个宽度为一个扫描周期的脉冲, 驱动后面的输出线圈。

ED (Edge down) 指令: 在 ED 指令前有一个下降沿时产生一个宽度为一个扫描周期的脉冲, 驱动其后线圈。

(2) 指令格式如表 1-3 所示, 用法如图 1-19 所示, 时序分析如图 1-20 所示。

表 1-3 EU/ED 指令格式

STL	LAD	操作数
EU		无
ED		无

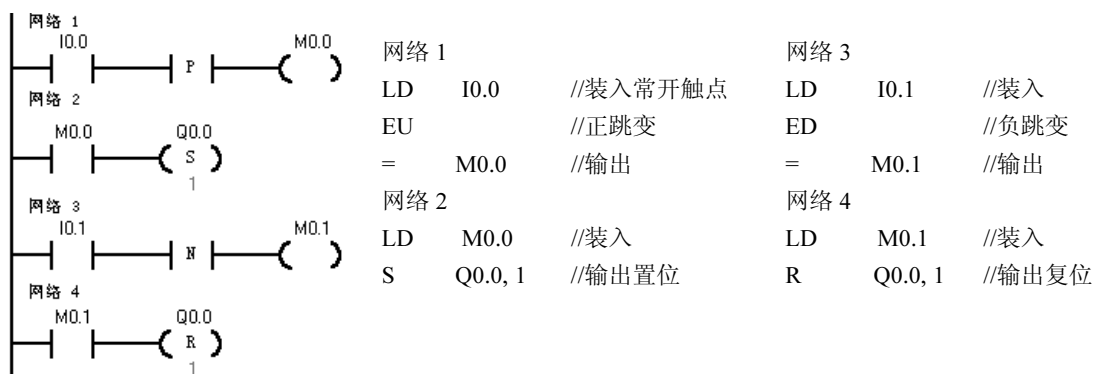


图 1-19 EU/ED 指令的使用

程序及运行结果分析如下:

I0.0 的上升沿, 经触点 (EU) 产生一个扫描周期的时钟脉冲, 驱动输出线圈 M0.0 导通一个扫描周期, M0.0 的常开触点闭合一个扫描周期, 使输出线圈 Q0.0 置位为 1, 并保持。

I0.1 的下降沿, 经触点 (ED) 产生一个扫描周期的时钟脉冲, 驱动输出线圈 M0.1 导通一个扫描周期, M0.1 的常开触点闭合一个扫描周期, 使输出线圈 Q0.0 复位为 0, 并保持。时序分析如图 1-20 所示。

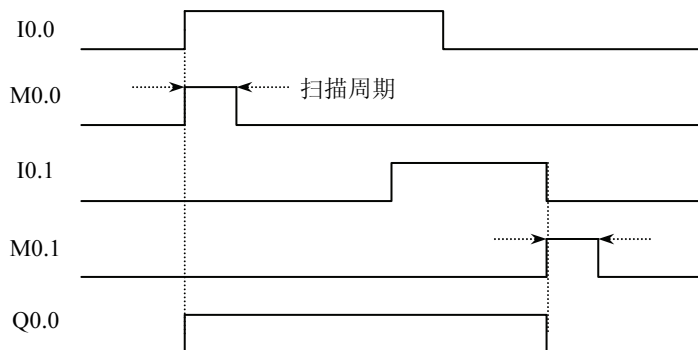


图 1-20 EU/ED 指令时序分析

(3) 指令使用说明:

- 1) EU、ED 指令只在输入信号变化时有效, 其输出信号的脉冲宽度为一个机器扫描周期。
- 2) 对开机时就为接通状态的输入条件, EU 指令不执行。
- 3) EU、ED 指令无操作数。

1.1.4 任务实施与运行

1.1.4.1 实施

1. 硬件接线图

根据料仓自动上料系统 I/O 地址分配, PLC 控制电路如图 1-21 所示。

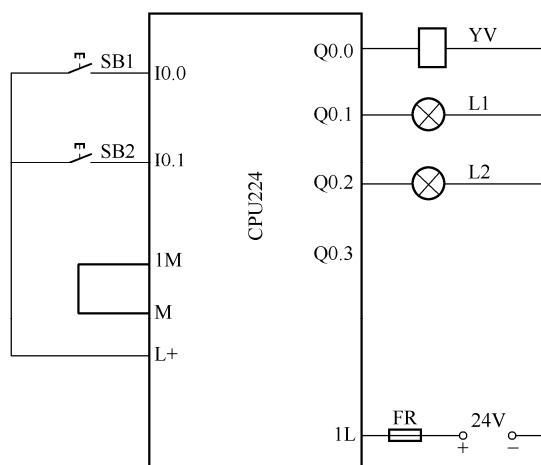


图 1-21 料仓自动上料系统电气控制图

2. 程序设计

料仓自动上料系统梯形图如图 1-22 所示。

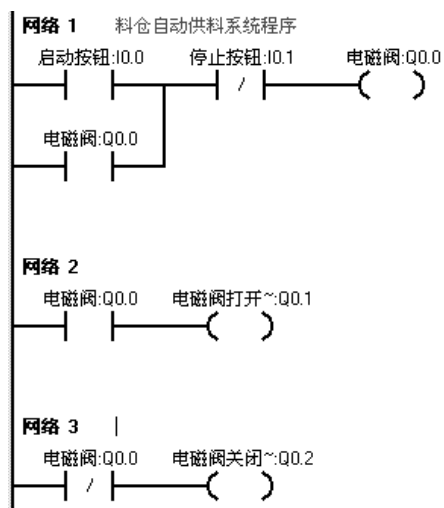


图 1-22 料仓自动上料系统梯形图

1.1.4.2 运行

(1) 接线。按图接线，检查电路的正确性，确定连接无误。

(2) 调试及排障。

1) 在断电状态下，连接好 PC/PPI 电缆。

2) 打开 PLC 的前盖，将运行模式开关拨到 STOP 位置，此时 PLC 处于停止状态，或者单击工具栏中的 STOP 按钮，可以进行程序编写。

3) 在作为编程器的 PC 上，运行 STEP 7-Micro/WIN32 编程软件。

4) 用菜单命令“文件”→“新建”，生成一个新项目；用菜单命令“文件”→“打开”，打开一个已有的项目；用菜单命令“文件”→“另存为”，可修改项目的名称。

5) 用菜单命令“PLC”→“类型”，设置 PLC 的型号。

6) 设置通信参数。

7) 编写控制程序。

8) 单击工具栏中的“编译”按钮或“全部编译”按钮来编译输入的程序。

9) 下载程序文件到 PLC。

10) 将运行模式选择开关拨到 RUN 位置，或者单击工具栏的“RUN (运行)”按钮使 PLC 进入运行方式，观察运行情况。

【评价单】

考核项目	考核点	权重	考核标准			得分
			A (1.0)	B (0.8)	C (0.6)	
任务分析 (15%)	资料收集	5%	能比较全面地提出需要学习和解决的问题，收集的学习资料较多	能提出需要学习和解决的问题，收集的学习资料较多	能比较笼统地提出一些需要学习和解决的问题，收集的学习资料较少	
	任务分析	10%	能根据产品用途，确定功能和技术指标。产品选型实用性强，符合企业的需要	能根据产品用途，确定功能和技术指标。产品选型实用性强	能根据产品用途，确定功能和技术指标	
方案设计 (20%)	系统结构	7%	系统结构清楚，信号表达正确，符合功能要求			
	器件选型	8%	主要器件的选择，论证充分，能够满足功能和技术指标的要求，按钮设置合理，操作简便	主要器件的选择能够满足功能和技术指标的要求，按钮设置合理	主要器件的选择，能够满足功能和技术指标的要求	
	方案汇报	5%	PPT 简洁、美观、信息量丰富，汇报条理性好，语言流畅	PPT 简洁、美观、内容充实，汇报语言流畅	有 PPT，能较好地表达方案内容	
详细设计与制作 (50%)	硬件设计	10%	PLC 选型合理，电路设计正确，元件布局合理、美观，接线图走线合理	PLC 选型合理，电路设计正确，元件布局合理，接线图走线合理	PLC 选型合理，电路设计正确，元件布局合理	

续表

考核项目	考核点	权重	考核标准			得分
			A (1.0)	B (0.8)	C (0.6)	
详细设计与制作 (50%)	硬件安装	8%	仪器、仪表及工具的使用符合操作规范, 元件安装正确规范, 布线符合工艺标准, 工作环境整洁	仪器、仪表及工具的使用符合操作规范, 少量元件安装有松动, 布线符合工艺标准	仪器、仪表及工具的使用符合操作规范, 元件安装位置不符合要求, 有 3~5 根导线不符合布线工艺标准, 但接线正确	
	程序设计	22%	程序模块划分正确, 流程图符合规范、标准, 程序结构清晰, 内容完整			
	程序调试	10%	调试步骤清楚, 目标明确, 有调试方法的描述。调试过程记录完整, 有分析, 结果正确。出现故障有独立处理能力	程序调试有步骤, 有目标, 有调试方法的描述。调试过程记录完整, 结果正确	程序调试有步骤, 有目标。调试过程有记录, 结果正确	
技术文档 (5%)	设计资料	5%	设计资料完整, 编排顺序符合规定, 有目录			
学习汇报 (10%)		10%	能反思学习过程, 认真总结学习经验	能客观总结整个学习过程的得与失		
项目得分						
学生姓名			日期		项目得分	
总结						

任务 2 料位自动检测设计与实现

1.2.1 任务要求

1.2.1.1 项目说明

井道式料仓采用双作用气缸, 配合磁性开关及落料监测开关, 实现对供料活塞运动距离控制, 达到准确定位要求。系统结构如图 1-23 所示。

1.2.1.2 任务导入

应用 PLC 技术实现料位自动检测。

1.2.1.3 甲方要求

- (1) 用按钮和磁性限位开关控制气动电磁阀打开和关闭。
- (2) 落料检测开关和左限位开关接通, 按下起动按钮, 电磁阀打开时活塞将料仓中的物料送到传送带上, 当右限位开关为接通状态时, 关闭电磁阀活塞退回原位, 左限位开关恢复接通状态。
- (3) 用指示灯显示电磁阀工作状态。

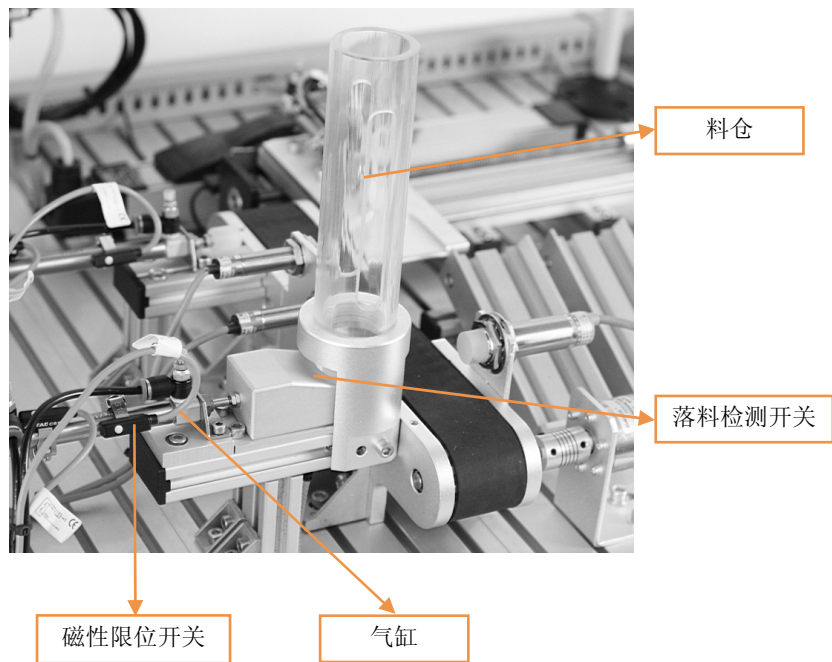


图 1-23 料位自动检测系统示意图

【任务单】

项目名称	料仓自动进料控制设计与实现	任务名称	料位自动检测设计与实现
学习小组		指导教师	
小组成员			
工作任务			
任务要求			
<ol style="list-style-type: none"> 1. 对控制系统进行正确的分析，确定 PLC 的 I/O 分配； 2. 绘制 PLC 控制电路图； 3. 完成 PLC 控制电路的接线安装； 4. 按照控制要求编写控制程序； 5. 根据基本指令编写相应的梯形图程序； 6. 能够熟练把梯形图转换为语句表； 7. 能够将程序输入 PLC； 8. 完成 PLC 控制系统的调试、运行和分析 			
工作过程			
<ol style="list-style-type: none"> 1. 任务分析，获得相关资料和信息； 2. 方案设计，讨论设计出硬件连接及程序设计； 3. 安装调试； 4. 教师总结并评定成绩； 5. 讨论、总结、反思学习过程，各小组汇报学习体会，总结学习方法； 6. 提交报告，工作单、材料归档整理 			

续表

学习资源
1. 多媒体课件 2. PLC 实训台 3. 常用电工仪表 4. 操作手册及相关网站
知识拓展
1. 汽缸工作原理 2. 汽路设计方法 3. 传感器与检测技术

1.2.2 任务分析与设计

1.2.2.1 构思

1. 控制元件

起动按钮：打开电磁阀

停止按钮：关闭电磁阀

左限位开关：活塞初始位置检测

右限位开关：活塞移动距离检测

2. 被控对象

电磁阀：控制气动活塞工作状态

3. 工作原理

当活塞处于初始位置并且料仓中有物料时，按下起动按钮，电磁阀打开，活塞推动物料进入传送带；当活塞达到设定位置时，电磁阀自动关闭，活塞退回原位。

1.2.2.2 设计

1. I/O 分配

料位自动检测控制系统 I/O 分配如表 1-4 所示。

表 1-4 料位自动检测控制系统 I/O 分配

输入		输出	
名称	地址	名称	地址
起动按钮	I0.0	电磁阀	Q0.0
停止按钮	I0.1	电磁阀打开指示	Q0.1
左限位开关	I0.2	电磁阀关闭指示	Q0.2
右限位开关	I0.3		
落料检测开关	I0.4		

2. PLC 选型

根据 PLC 选型原则，本项目选用 S7-200 CPU222 AC/AC/RLY。

【方案设计单】

项目名称	料仓自动进料控制设计与实现	任务名称	料位自动检测设计与实现
方案设计分工			
子任务	提交材料	承担成员	完成工作时间
PLC 机型选择	PLC 选型分析		
低压电器选型	低压电器选型分析		
位置传感器选型	位置传感器选型分析		
电气安装方案	图纸		
方案汇报	PPT		
学习过程记录			
班级		小组编号	成员
说明：小组每个成员根据方案设计的任务要求，进行认真学习，并将学习过程的内容（要点）进行记录，同时也将学习中存在的问题进行记录			
方案设计工作过程			
开始时间		完成时间	
说明：根据小组每个成员的学习结果，通过小组分析与讨论，最后形成设计方案			
结构框图			
原理说明			
关键器件型号			
实施计划			
存在的问题及建议			

1.2.3 相关知识

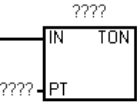
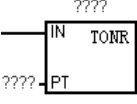
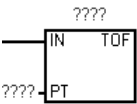
1.2.3.1 定时器指令

S7-200 系列 PLC 的定时器是对内部时钟累计时间增量计时的。每个定时器均有一个 16 位的当前值寄存器用以存放当前值（16 位符号整数）；一个 16 位的预置值寄存器用以存放时间的设定值；还有 1 个状态位，反应其触点的状态。

1. 工作方式

S7-200 系列 PLC 定时器按工作方式分为三大类。其指令格式如表 1-5 所示。

表 1-5 定时器的指令格式

LAD	STL	说明
	TON T××, PT	TON—通电延时定时器 TONR—记忆型通电延时定时器 TOF—断电延时型定时器
	TONR T××, PT	IN 是使能输入端，指令盒上方输入定时器的编号（T××），范围为 T0~T255；PT 是预置值输入端，最大预置值为 32767；PT 的数据类型：INT；
	TOF T××, PT	PT 操作数有：IW, QW, MW, SMW, T, C, VW, SW, AC, 常数

2. 时基

按时基脉冲分，则有 1ms、10ms、100ms 三种定时器。不同的时基标准下，定时精度、定时范围和定时器刷新的方式不同。

(1) 定时精度和定时范围

定时器的工作原理是：使能输入有效后，当前值 PT 对 PLC 内部的时基脉冲增 1 计数，当计数值大于或等于定时器的预置值后，状态位置 1。其中，最小计时单位为时基脉冲的宽度，又为定时精度；从定时器输入有效，到状态位输出有效，经过的时间为定时时间，即：定时时间=预置值×时基。当前值寄存器为 16bit，最大计数值为 32767，由此可推算不同分辨率的定时器的设定时间范围。CPU22X 系列 PLC 的 256 个定时器分属 TON（TOF）和 TONR 工作方式，以及 3 种时基标准，如表 1-6 所示。可见时基越大，定时时间越长，但精度越差。

表 1-6 定时器的类型

工作方式	时基 (ms)	最大定时范围 (s)	定时器号
TONR	1	32.767	T0, T64
	10	327.67	T1-T4, T65-T68
	100	3276.7	T5-T31, T69-T95
TON/TOF	1	32.767	T32, T96
	10	327.67	T33-T36, T97-T100
	100	3276.7	T37-T63, T101-T255

(2) 1ms、10ms、100ms 定时器的刷新方式不同

1ms 定时器每隔 1ms 刷新一次，与扫描周期和程序处理无关，即采用中断刷新方式。因此当扫描周期较长时，在一个周期内可能被多次刷新，其当前值在一个扫描周期内不一定保持一致。

10ms 定时器则由系统在每个扫描周期开始自动刷新。由于每个扫描周期内只刷新一次，故而每次程序处理期间，其当前值为常数。

100ms 定时器则在该定时器指令执行时刷新。下一条执行的指令，即可使用刷新后的结果，非常符合正常的思路，使用方便可靠。但应当注意，如果该定时器的指令不是每个周期都执行，定时器就不能及时刷新，可能导致出错。

(3) 定时器指令工作原理

下面我们将从原理应用等方面分别叙述通电延时型、有记忆的通电延时型、断电延时型三种定时器的使用方法。

1) 通电延时定时器 (TON) 指令工作原理

程序及时序分析如图 1-24 所示。当 I0.0 接通时即使能端 (IN) 输入有效时，驱动 T37 开始计时，当前值从 0 开始递增，计时到设定值 PT 时，T37 状态位置 1，其常开触点 T37 接通，驱动 Q0.0 输出，其后当前值仍增加，但不影响状态位。当前值的最大值为 32767。当 I0.0 分断时，使能端无效，T37 复位，当前值清 0，状态位也清 0，即回复原始状态。若 I0.0 接通时间未到设定值就断开，T37 则立即复位，Q0.0 不会有输出。

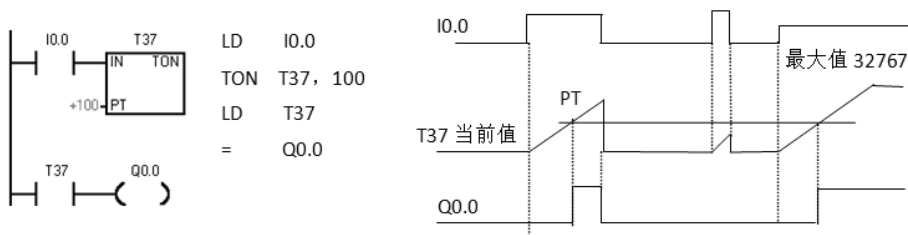


图 1-24 通电延时定时器工作原理分析

2) 记忆型通电延时定时器 (TONR) 指令工作原理

使能端 (IN) 输入有效时 (接通)，定时器开始计时，当前值递增，当前值大于或等于预置值 (PT) 时，输出状态位置 1。使能端输入无效 (断开) 时，当前值保持 (记忆)，使能端 (IN) 再次接通有效时，在原记忆值的基础上递增计时。

注意：TONR 记忆型通电延时型定时器采用线圈复位指令 R 进行复位操作，当复位线圈有效时，定时器当前位清零，输出状态位置 0。

程序分析如图 1-25 所示。如 T3，当输入 IN 为 1 时，定时器计时；当 IN 为 0 时，其当前值保持并不复位；下次 IN 再为 1 时，T3 当前值从原保持值开始往上加，将当前值与设定值 PT 比较，当前值大于等于设定值时，T3 状态位置 1，驱动 Q0.0 有输出，以后即使 IN 再为 0，也不会使 T3 复位，要使 T3 复位，必须使用复位指令。

3) 断电延时型定时器 (TOF) 指令工作原理

断电延时型定时器用在输入断开、延时一段时间后，才断开输出。使能端 (IN) 输入有效时，定时器输出状态位立即置 1，当前值复位为 0。使能端 (IN) 断开时，定时器开始计时，当前值从

0 递增, 当前值达到预置值时, 定时器状态位复位为 0, 并停止计时, 当前值保持。

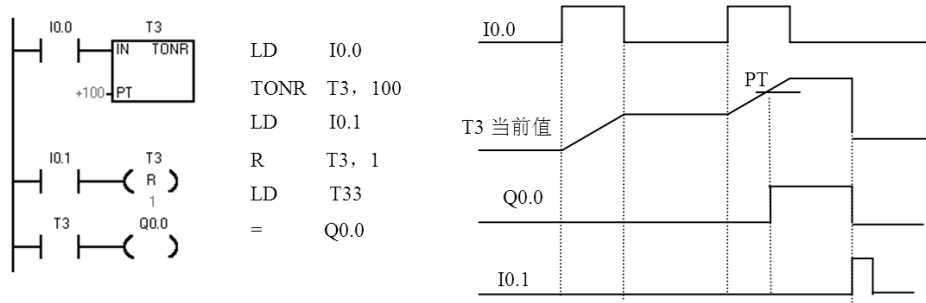


图 1-25 TONR 记忆型通电延时型定时器工作原理分析

如果输入断开的的时间小于预定时间, 定时器仍保持接通。IN 再接通时, 定时器当前值仍设为 0。断电延时定时器的应用程序及时序分析如图 1-26 所示。

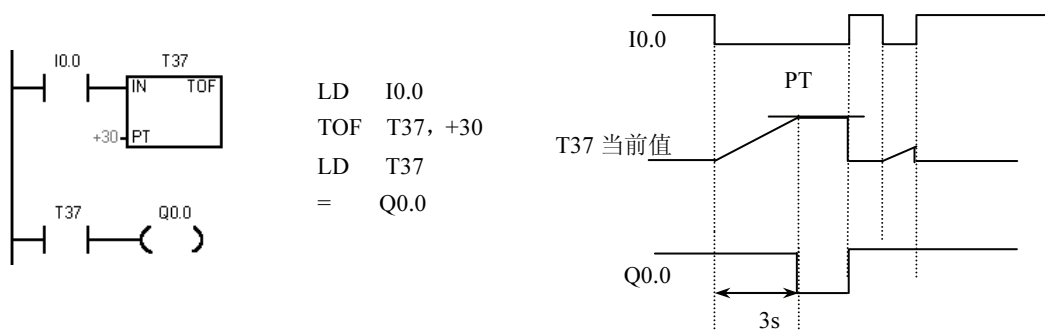


图 1-26 TOF 断电延时型定时器工作原理分析

小结:

① 以上介绍的 3 种定时器具有不同的功能。接通延时定时器 (TON) 用于单一间隔的定时; 有记忆接通延时定时器 (TONR) 用于累计时间间隔的定时; 断开延时定时器 (TOF) 用于故障事件发生后的时间延时。

② TOF 和 TON 共享同一组定时器, 不能重复使用。即不能把一个定时器同时用作 TOF 和 TON。例如, 不能既有 TON、T32, 又有 TOF、T32。

(4) 一个机器扫描周期的时钟脉冲发生器

梯形图程序如图 1-27 所示, 使用定时器本身的常闭触点作定时器的使能输入。定时器的状态位置 1 时, 依靠本身的常闭触点的断开使定时器复位, 并重新开始定时, 进行循环工作。采用不同时基标准的定时器时, 会有不同的运行结果, 具体分析如下:

1) T32 为 1ms 时基定时器, 每隔 1ms 定时器刷新一次当前值, CPU 当前值若恰好在处理常闭触点和常开触点之间被刷新, Q0.0 可以接通一个扫描周期, 但这种情况出现的几率很小, 一般情况下, 不会正好在此时刷新。若在执行其他指令时, 定时时间到, 1ms 的定时刷新, 使定时器输出状态位置位, 常闭触点打开, 当前值复位, 定时器输出状态位立即复位, 所以输出线圈 Q0.0 一般不会通电。

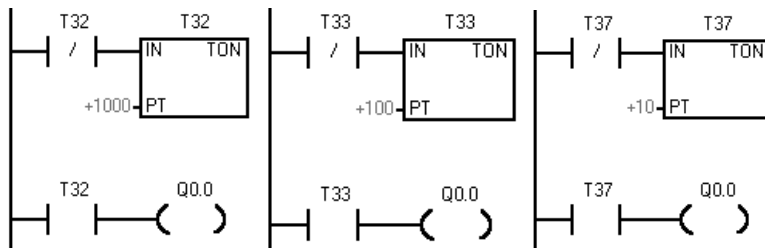


图 1-27 自身常闭触点作使能输入

2) 若将图 1-27 中的定时器 T32 换成 T33, 时基变为 10ms, 当前值在每个扫描周期开始刷新, 计时时间到时, 扫描周期开始, 定时器输出状态位置位, 常闭触点断开, 立即将定时器当前值清零, 定时器输出状态位复位 (为 0)。这样输出线圈 Q0.0 永远不可能通电。

3) 若用时基为 100ms 的定时器, 如 T37, 当前指令执行时刷新, Q0.0 在 T37 计时时间到时准确地接通一个扫描周期。可以输出一个断开为延时时间、接通为一个扫描周期的时钟脉冲。

4) 若将输出线圈的常闭触点作为定时器的使能输入, 如图 1-28 所示, 则无论何种时基都能正常工作。

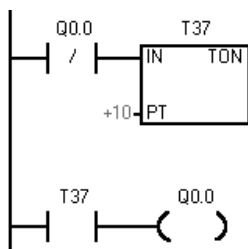


图 1-28 输出线圈的常闭触点作使能输入

(5) 定时器的应用

1) 延时断开电路

如图 1-29 所示。I0.0 接一个输入信号, 当 I0.0 接通时, Q0.0 接通并保持, 当 I0.0 断开后, 经 4s 延时后, Q0.0 断开。T37 同时被复位。

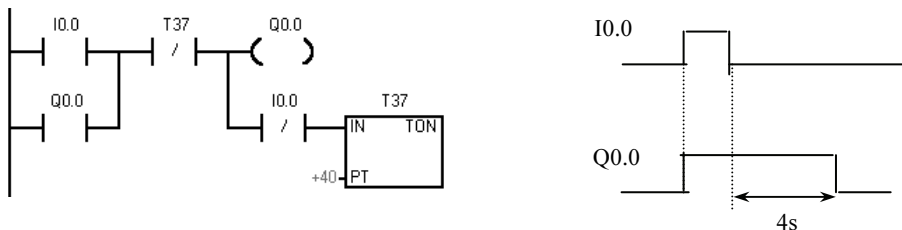


图 1-29 延时断开电路

2) 延时接通和断开

如图 1-30 所示, 电路用 I0.0 控制 Q0.1, I0.0 的常开触点接通后, T37 开始定时, 9s 后 T37 的常开触点接通, 使 Q0.1 变为 ON, I0.0 为 ON 时其常闭触点断开, 使 T38 复位。I0.0 变为 OFF 后 T38 开始定时, 7s 后 T38 的常闭触点断开, 使 Q0.1 变为 OFF, T38 亦被复位。

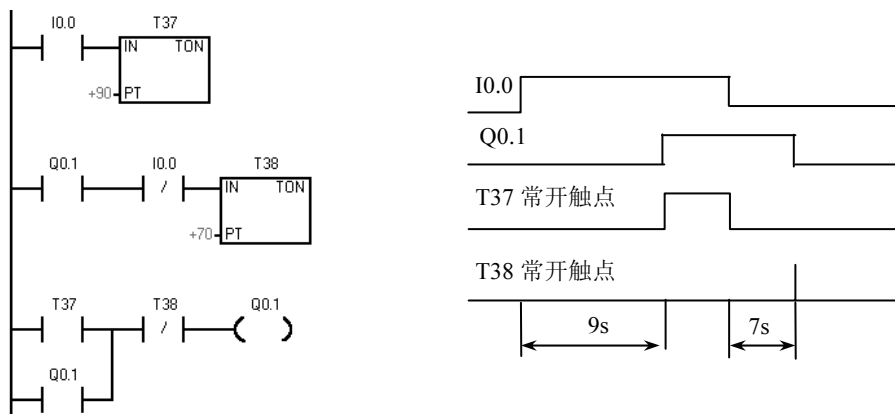


图 1-30 延时接通、断开电路

3) 闪烁电路

图 1-31 中 I0.0 的常开触点接通后, T37 的 IN 输入端为 1 状态, T37 开始定时。2s 后定时时间到, T37 的常开触点接通, 使 Q0.0 变为 ON, 同时 T38 开始计时。3s 后 T38 的定时时间到, 它的常闭触点断开, 使 T37 的 IN 输入端变为 0 状态, T37 的常开触点断开, Q0.0 变为 OFF, 同时使 T38 的 IN 输入端变为 0 状态, 其常闭触点接通, T37 又开始定时, 以后 Q0.0 的线圈将这样周期性地“通电”和“断电”, 直到 I0.0 变为 OFF, Q0.0 线圈“通电”时间等于 T38 的设定值, “断电”时间等于 T37 的设定值。

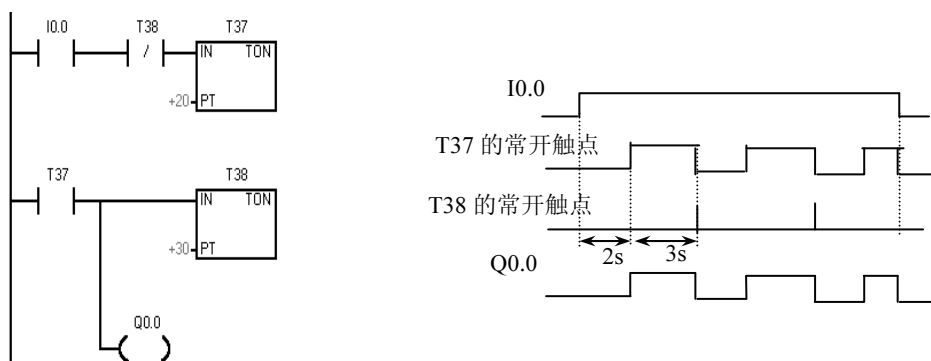


图 1-31 闪烁电路

【例 1-4】用接在 I0.0 输入端的光电开关检测传送带上通过的产品, 有产品通过时 I0.0 为 ON, 如果在 10s 内没有产品通过, 由 Q0.0 发出报警信号, 用 I0.1 输入端外接的开关解除报警信号。对应的梯形图如图 1-32 所示。

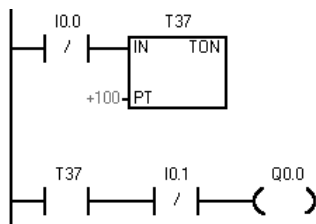


图 1-32 梯形图

1.2.3.2 计数器

计数器利用输入脉冲上升沿累计脉冲个数。结构主要由一个 16 位的预置值寄存器、一个 16 位的当前值寄存器和 1 个状态位组成。当前值寄存器用以累计脉冲个数，计数器当前值大于或等于预置值时，状态位置 1。

S7-200 系列 PLC 有三类计数器：CTU-加计数器，CTUD-加/减计数器，CTD-减计数器。

1. 计数器格式

计数器指令格式如表 1-7 所示。

表 1-7 计数器的指令格式

STL	LAD	指令使用说明
CTU CXXX, PV		<p>(1) 梯形图指令符号中：CU 为加计数脉冲输入端；CD 为减计数脉冲输入端；R 为加计数复位端；LD 为减计数复位端；PV 为预置值</p> <p>(2) CXXX 为计数器的编号，范围为：C0~C255</p> <p>(3) PV 预置值最大范围：32767；PV 的数据类型：INT；PV 操作数为：VW, T, C, IW, QW, MW, SMW, AC, AIW, K</p> <p>(4) CTU/CTUD/CD 指令使用要点：STL 形式中，CU, CD, R, LD 的顺序不能错；CU, CD, R, LD 信号可为复杂逻辑关系</p>
CTD CXXX, PV		
CTUD CXXX, PV		

2. 计数器工作原理分析

(1) 加计数器指令 (CTU)

当 R=0 时，计数脉冲有效；当 CU 端有上升沿输入时，计数器当前值加 1。计数器当前值大于或等于设定值 (PV) 时，该计数器的状态位 C-BIT 置 1，即其常开触点闭合。计数器仍计数，但不影响计数器的状态位。直至计数达到最大值 (32767)。当 R=1 时，计数器复位，即当前值清零，状态位 C-BIT 也清零。加计数器计数范围：0~32767。

(2) 加/减计数指令 (CTUD)

当 R=0 时，计数脉冲有效；当 CU 端 (CD 端) 有上升沿输入时，计数器当前值加 1 (减 1)。当计数器当前值大于或等于设定值时，C-BIT 置 1，即其常开触点闭合。当 R=1 时，计数器复位，即当前值清零，C-BIT 也清零。加减计数器计数范围：-32768~32767。

(3) 减计数指令 (CTD)

当复位 LD 有效时，LD=1，计数器把设定值 (PV) 装入当前值存储器，计数器状态位复位 (置

0)。当 LD=0，即计数脉冲有效时，开始计数，CD 端每来一个输入脉冲上升沿，减计数器的当前值从设定值开始递减计数，当前值等于 0 时，计数器状态位置位（置 1），停止计数。

【例 1-5】加/减计数器指令应用示例，程序及运行时序如图 1-33 所示。

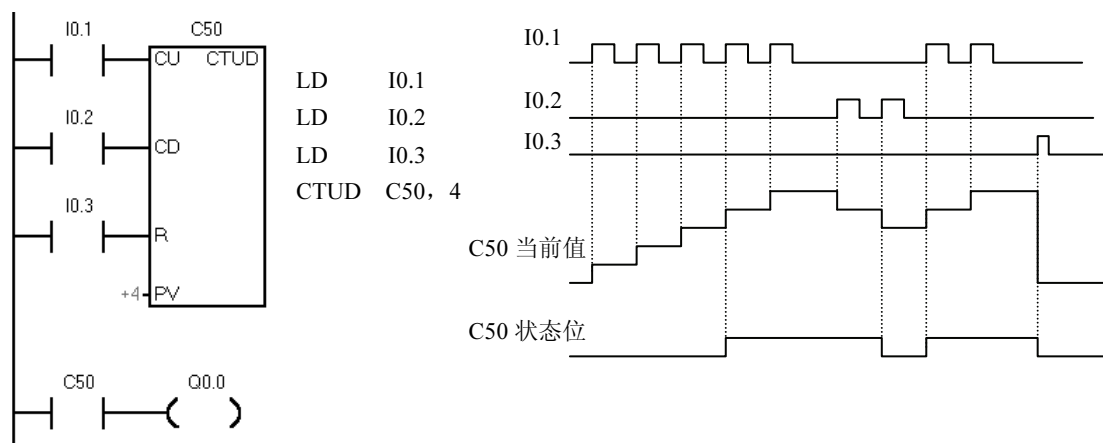


图 1-33 加/减计数器应用示例

【例 1-6】减计数器指令应用示例，程序及运行时序如图 1-34 所示。

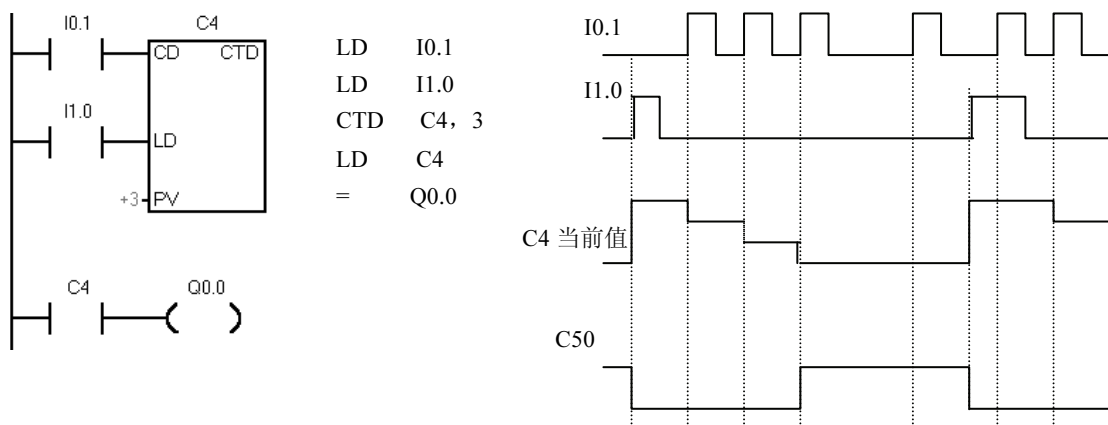


图 1-34 减计数器应用示例

在复位脉冲 I1.0 有效时，即 I1.0=1 时，当前值等于预置值，计数器的状态位置 0；当复位脉冲 I1.0=0，计数器有效，在 CD 端每来一个脉冲的上升沿，当前值减 1 计数，当前值从预置值开始减至 0 时，计数器的状态位 C-BIT=1，Q0.0=1。在复位脉冲 I1.0 有效时，即 I1.0=1 时，计数器 CD 端即使有脉冲上升沿，计数器也不减 1 计数。

3. 计数器指令应用举例

(1) 计数器的扩展

S7-200 系列 PLC 计数器最大的计数范围是 32767，若须更大的计数范围，则须进行扩展。如图 1-35 所示计数器扩展电路。图中是两个计数器的组合电路，C1 形成了一个设定值为 100 次的自复位计数器。计数器 C1 对 I0.1 的接通次数进行计数，I0.1 的触点每闭合 100 次 C1 自复位重新开

始计数。同时，连接到计数器 C2 端的 C1 常开触点闭合，使 C2 计数一次，当 C2 计数到 2000 次时，I0.1 共接通 100×2000 次 = 200000 次，C2 的常开触点闭合，线圈 Q0.0 通电。该电路的计数值为两个计数器设定值的乘积， $C_{总} = C1 \times C2$ 。

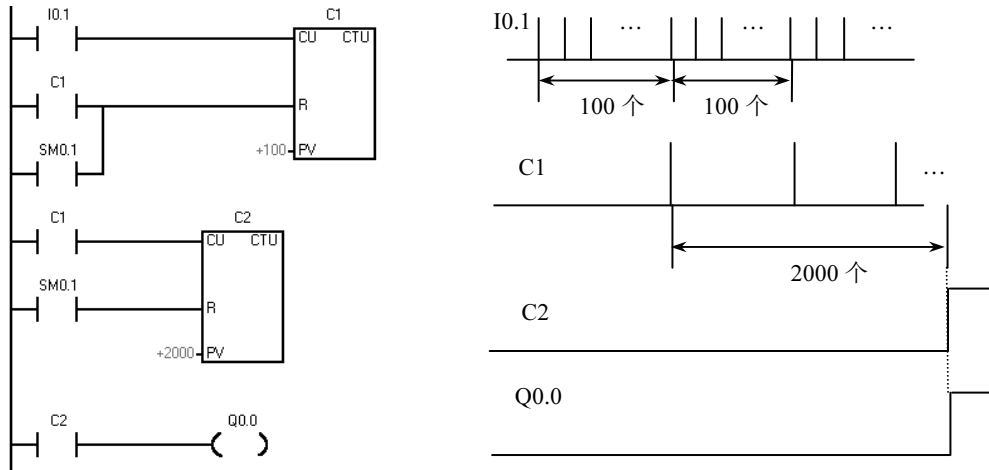


图 1-35 计数器扩展电路

(2) 定时器的扩展

S7-200 的定时器的最长定时时间为 3276.7s，如果需要更长的定时时间，可使用图 1-36 所示的电路。图 1-36 中最上面一行电路是一个脉冲信号发生器，脉冲周期等于 T37 的设定值（60s）。I0.0 为 OFF 时，100ms 定时器 T37 和计数器 C4 处于复位状态，它们不能工作。I0.0 为 ON 时，其常开触点接通，T37 开始定时，60s 后 T37 定时时间到，其当前值等于设定值，它的常闭触点断开，使它自己复位，复位后 T37 的当前值变为 0，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，T37 将这样周而复始地工作，直到 I0.0 变为 OFF。

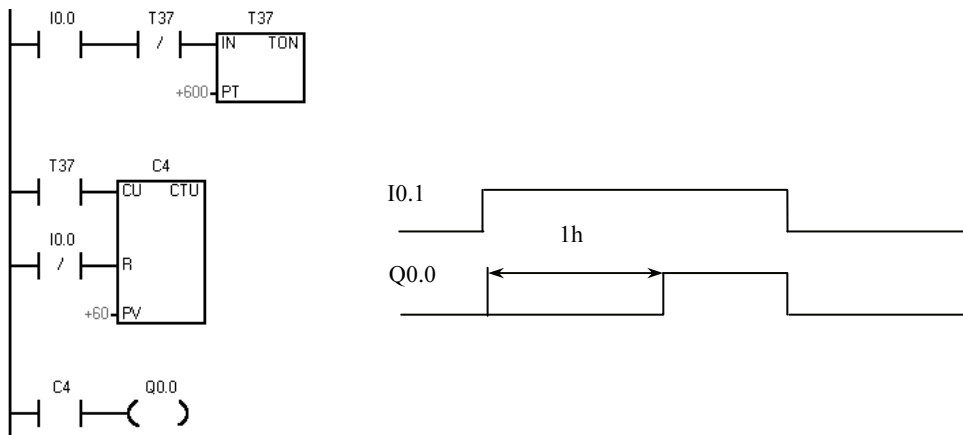


图 1-36 定时器的扩展

T37 产生的脉冲送给 C4 计数器，记满 60 个数（即 1h）后，C4 当前值等于设定值 60，它的常开触点闭合。设 T37 和 C4 的设定值分别为 K_T 和 K_C ，对于 100ms 定时器总的定时时间为： $T = 0.1K_T K_C$ (s)。

(3) 自动声光报警操作程序

自动声光报警操作程序用于当电动单梁起重机加载到 1.1 倍额定负荷并反复运行 1h 后，发出声光信号并停止运行。程序如图 1-37 所示。当系统处于自动工作方式时，I0.0 触点为闭合状态，定时器 T50 每 60s 发出一个脉冲信号作为计数器 C1 的计数输入信号，当计数值达 60，即 1h 后，C1 常开触点闭合，Q0.0、Q0.7 线圈同时得电，指示灯发光且电铃作响；此时 C1 另一常开触点接通定时器 T51 线圈，10s 后 T51 常闭触点断开 Q0.7 线圈，电铃音响消失，指示灯持续发光直至再一次重新开始运行。

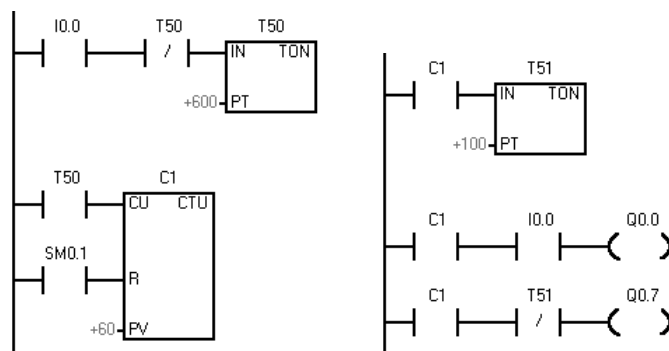


图 1-37 自动声光报警

1.2.4 任务实施与运行

1.2.4.1 实施

1. 硬件接线图

根据料位自动检测系统 I/O 地址分配，PLC 控制电路如图 1-38 所示。

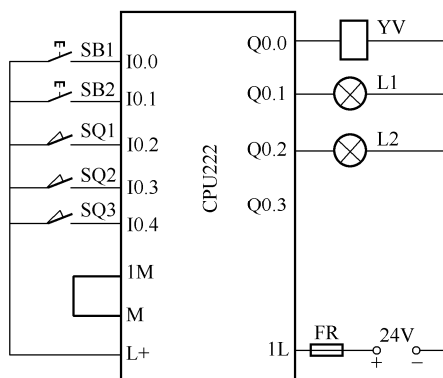


图 1-38 料位自动检测系统电气控制图

2. 程序设计 (如图 1-39 所示)

1.2.4.2 运行

(1) 接线。按图接线，检查电路的正确性，确定连接无误。

(2) 调试及排障。

1) 在断电状态下，连接好 PC/PPI 电缆。

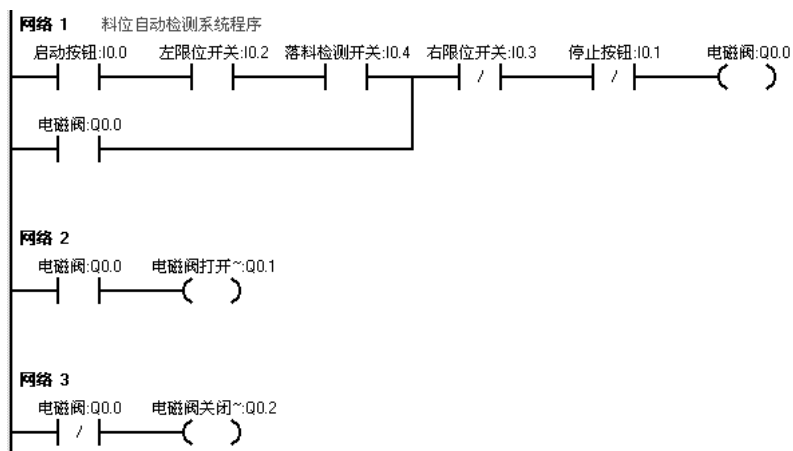


图 1-39 料位自动检测系统梯形图

- 2) 打开 PLC 的前盖，将运行模式开关拨到 STOP 位置，此时 PLC 处于停止状态，或者单击工具栏中的 STOP 按钮，可以进行程序编写。
- 3) 在作为编程器的 PC 上，运行 STEP 7-Micro/WIN32 编程软件。
- 4) 用菜单命令“文件”→“新建”，生成一个新项目；用菜单命令“文件”→“打开”，打开一个已有的项目；用菜单命令“文件”→“另存为”，可修改项目的名称。
- 5) 用菜单命令“PLC”→“类型”，设置 PLC 的型号。
- 6) 设置通信参数。
- 7) 编写控制程序。
- 8) 单击工具栏中的“编译”按钮或“全部编译”按钮来编译输入的程序。
- 9) 下载程序文件到 PLC。
- 10) 将运行模式选择开关拨到 RUN 位置，或者单击工具栏的“RUN（运行）”按钮使 PLC 进入运行方式，观察运行情况。

【评价单】

考核项目	考核点	权重	考核标准			得分
			A (1.0)	B (0.8)	C (0.6)	
任务分析 (15%)	资料收集	5%	能比较全面地提出需要学习和解决的问题，收集的学习资料较多	能提出需要学习和解决的问题，收集的学习资料较多	能比较笼统地提出一些需要学习和解决的问题，收集的学习资料较少	
	任务分析	10%	能根据产品用途，确定功能和技术指标。产品选型实用性强，符合企业的需要	能根据产品用途，确定功能和技术指标。产品选型实用性强	能根据产品用途，确定功能和技术指标	
方案设计 (20%)	系统结构	7%	系统结构清楚，信号表达正确，符合功能要求			
	器件选型	8%	主要器件的选择，论证充分，能够满足功能和技术指标的要求，按钮设置合理，操作简便	主要器件的选择能够满足功能和技术指标的要求，按钮设置合理	主要器件的选择，能够满足功能和技术指标的要求	

续表

考核项目	考核点	权重	考核标准			得分
			A (1.0)	B (0.8)	C (0.6)	
方案设计 (20%)	方案汇报	5%	PPT 简洁、美观、信息量丰富, 汇报条理性好, 语言流畅	PPT 简洁、美观、内容充实, 汇报语言流畅	有 PPT, 能较好地表达方案内容	
详细设计与制作 (50%)	硬件设计	10%	PLC 选型合理, 电路设计正确, 元件布局合理、美观, 接线图走线合理	PLC 选型合理, 电路设计正确, 元件布局合理, 接线图走线合理	PLC 选型合理, 电路设计正确, 元件布局合理	
	硬件安装	8%	仪器、仪表及工具的使用符合操作规范, 元件安装正确规范, 布线符合工艺标准, 工作环境整洁	仪器、仪表及工具的使用符合操作规范, 少量元件安装有松动, 布线符合工艺标准	仪器、仪表及工具的使用符合操作规范, 元件安装位置不符合要求, 有 3~5 根导线不符合布线工艺标准, 但接线正确	
	程序设计	22%	程序模块划分正确, 流程图符合规范、标准, 程序结构清晰, 内容完整			
	程序调试	10%	调试步骤清楚, 目标明确, 有调试方法的描述。调试过程记录完整, 有分析, 结果正确。出现故障有独立处理能力	程序调试有步骤, 有目标, 有调试方法的描述。调试过程记录完整, 结果正确	程序调试有步骤, 有目标。调试过程有记录, 结果正确	
技术文档 (5%)	设计资料	5%	设计资料完整, 编排顺序符合规定, 有目录			
学习汇报 (10%)		10%	能反思学习过程, 认真总结学习经验	能客观总结整个学习过程的得与失		
项目得分						
学生姓名		日期		项目得分		
总结						