

项目 3

PLC控制系统的设计、安装与调试

【项目主要内容】

- (1) 三相异步电动机正反转 PLC 控制系统的设计、安装与调试。
- (2) 三相异步电动机 Y- Δ 降压启动 PLC 控制系统的设计、安装与调试。
- (3) 多种液体自动混合控制的设计、安装与调试。
- (4) 数控车床数控系统分析、安装、调试与维修。

任务 3.1 三相异步电动机正反转 PLC 控制系统的设计、安装与调试

一、学习目标

- (1) 自学 PLC 相关基础知识,并对 PLC 有一定的了解。
- (2) 领会 S7-200 系列 PLC 的基本逻辑指令。
- (3) 会使用 S7-200 系列 PLC 基本逻辑指令进行简单编程。
- (4) 会使用 S7-200 系列 PLC 基本逻辑指令实现三相异步电动机正反转 PLC 控制。

二、任务描述

本任务主要是掌握西门子 S7-200 系列 PLC 的基本逻辑指令。会使用 PLC 基本逻辑指令编程。三相异步电动机正反转 PLC 控制系统的设计、安装与调试。

三、知识储备

1. PLC 的分类及特点

可编程控制器简称 PLC(Programmable Logic Controller),在 1987 年国际电工委员会(International Electrical Committee)颁布的 PLC 标准草案中对 PLC 做了如下定义: PLC 是一种专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置。它采用可以

编制程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、计时、计数和算术运算等操作的指令,并能通过数字式或模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其有关的外围设备都应该按易于与工业控制系统形成一个整体,易于扩展其功能的原则而设计。

1) PLC 的分类

按产地分,可分为日系、欧美、韩台、大陆等。其中日系具有代表性的为三菱、欧姆龙、松下、光洋等;欧美系列具有代表性的为西门子、A-B、通用电气、德州仪表等;韩台系列具有代表性的为 LG、台达等;大陆系列具有代表性的为合利时、浙江中控等。

按点数分,可分为大型机、中型机及小型机等。大型机一般 I/O 点数 >2048 点;具有多 CPU,16 位/32 位处理器,用户存储器容量 8~16KB,具有代表性的为西门子 S7-400 系列、通用公司的 GE-IV 系列等;中型机一般 I/O 点数为 256~2048 点;单或双 CPU,用户存储器容量 2~8KB,具有代表性的为西门子 S7-300 系列、三菱 Q 系列等;小型机一般 I/O 点数 <256 点,单 CPU,8 位或 16 位处理器,用户存储器容量 4KB 字以下,具有代表性的为西门子 S7-200 系列、三菱 FX 系列等。

按结构分,可分为整体式和模块式。整体式 PLC 是将电源、CPU、I/O 接口等部件都集中装在一个机箱内,具有结构紧凑、体积小、价格低的特点;小型 PLC 一般采用这种整体式结构。模块式 PLC 由不同 I/O 点数的基本单元(又称主机)和扩展单元组成。基本单元内有 CPU、I/O 接口、与 I/O 扩展单元相连的扩展口,以及与编程器或 EPROM 写入器相连的接口等;扩展单元内只有 I/O 和电源等,没有 CPU;基本单元和扩展单元之间一般用扁平电缆连接;整体式 PLC 一般还可配备特殊功能单元,如模拟量单元、位置控制单元等,使其功能得以扩展。这种模块式 PLC 的特点是配置灵活,可根据需要选配不同规模的系统,而且装配方便,便于扩展和维修。大、中型 PLC 一般采用模块式结构。还有一些 PLC 将整体式和模块式的特点结合起来,构成叠装式 PLC。

按功能分,可分为低档、中档、高档三类。低档 PLC 具有逻辑运算、定时、计数、移位以及自诊断、监控等基本功能;还可有少量模拟量 I/O、算术运算、数据传送和比较、通信等功能;主要用于逻辑控制、顺序控制或少量模拟量控制的单机控制系统。中档 PLC 除具有低档 PLC 的功能外,还具有较强的模拟量 I/O、算术运算、数据传送和比较、数制转换、远程 I/O、子程序、通信联网等功能;有些还可增设中断控制、PID 控制等功能,适用于复杂控制系统。高档 PLC 除具有中档机的功能外,还增加了带符号算术运算、矩阵运算、位逻辑运算、平方根运算及其他特殊功能函数的运算、制表及表格传送功能等;高档 PLC 机具有更强的通信联网功能,可用于大规模过程控制或构成分布式网络控制系统,实现工厂自动化。

2) PLC 的特点

(1) 可靠性高,抗干扰能力强

高可靠性是电气控制设备的关键性能。PLC 由于采用现代大规模集成电路技术,采用严格的生产工艺制造,内部电路采取了先进的抗干扰技术,具有很高的可靠性。一些使用冗余 CPU 的 PLC 平均无故障工作时间则更长。从 PLC 的机外电路来说,使用 PLC 构成控制系统,和同等规模的继电接触器系统相比,电气接线及开关接点已减少到数百甚

至数千分之一,故障也就大大降低。此外,PLC带有硬件故障自我检测功能,出现故障时可及时发出报警信息。在应用软件中,应用者还可以编入外围器件的故障自诊断程序,使系统中除 PLC 以外的电路及设备也获得故障自诊断保护。这样,整个系统也就具有较高的可靠性了。

(2) 配套齐全,功能完善,适用性强

PLC 发展到今天,已经形成了大、中、小各种规模的系列化产品,可以用于各种规模的工业控制场合。除了逻辑处理功能以外,现代 PLC 大多具有完善的数据运算能力,可用于各种数字控制领域。近年来 PLC 的功能单元大量涌现,使 PLC 渗透到了位置控制、温度控制、CNC 等各种工业控制中。加上 PLC 通信能力的增强及人机界面技术的发展,使用 PLC 组成各种控制系统变得非常容易。

(3) 易学易用,深受工程技术人员欢迎

PLC 作为通用工业控制计算机,是面向工矿企业的工控设备。它接口容易,编程语言易于为工程技术人员接受。梯形图语言的图形符号与表达方式和继电器电路图相当接近,只用 PLC 的少量开关量逻辑控制指令就可以方便地实现继电器电路的功能。为不熟悉电子电路、不懂计算机组成原理和汇编语言的人们使用计算机从事工业控制打开了方便之门。

(4) 系统的设计、建造工作量小,维护方便,容易改造

PLC 用存储逻辑代替接线逻辑,大大减少了控制设备外部的接线,使控制系统设计及建造的周期大为缩短,同时维护也变得容易起来。更重要的是使同一设备通过编程改变生产过程成为可能,这很适合多品种、小批量的生产场合。

(5) 体积小,重量轻,能耗低

以超小型 PLC 为例,新近出产的品种底部尺寸小于 100mm,质量小于 150g,功耗仅数瓦。由于体积小很容易装入机械内部,是实现机电一体化的理想控制设备。

2. PLC 的结构与工作原理

1) PLC 的结构

PLC 的类型繁多,功能和指令系统也不尽相同,但结构与工作原理则大同小异,通常由主机、输入输出接口、电源、编程器扩展器接口和外部设备接口等几个主要部分组成,如图 3-1-1 所示。

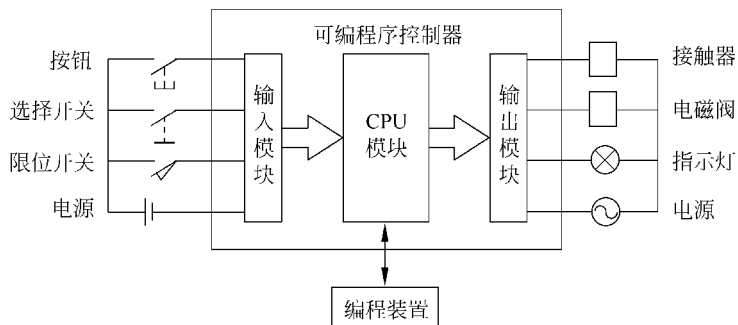


图 3-1-1 可编程控制器系统结构

(1) 主机

主机包括中央处理器(CPU)、系统程序存储器 and 用户程序及数据存储器。CPU 是 PLC 的核心,用来运行用户程序、监控输入输出接口状态、做出逻辑判断和进行数据处理,即读取输入变量、完成用户指令规定的各种操作,将结果送到输出端,并响应外部设备(如编程器、计算机、打印机等)的请求以及进行各种内部判断等。PLC 的内部存储器有两类,一类是系统程序存储器,主要存放系统管理和监控程序及对用户程序作编译处理的程序,系统程序已由厂家固定,用户不能更改;另一类是用户程序及数据存储器,主要存放用户编制的应用程序及各种暂存数据和中间结果。

(2) 输入/输出(I/O)接口

I/O 接口是 PLC 与输入输出设备连接的部件。输入接口接收输入设备(如按钮、传感器、触点、行程开关等)的控制信号。输出接口将主机经处理后的结果通过功放电路去驱动输出设备(如接触器、电磁阀、指示灯等)。I/O 接口一般采用光电耦合电路,以减少电磁干扰,从而提高了可靠性。I/O 点数即输入输出端子数,是 PLC 的一项主要技术指标,通常小型机有几十个点,中型机有几百个点,大型机将超过千点。

(3) 电源

电源是指为 CPU、存储器、I/O 接口等内部电子电路工作所配置的直流开关稳压电源,通常也为输入设备提供直流电源。

(4) 编程器

编程器是 PLC 的一种主要外部设备,用于手持编程,用户可用于输入、检查、修改、调试程序或监视 PLC 的工作情况。除手持编程器外,还可通过适配器和专用电缆线将 PLC 与计算机连接,并利用专用的工具软件进行计算机编程和监控。

(5) 输入输出扩展单元

I/O 扩展接口用于连接扩充外部输入输出端子数的扩展单元与基本单元(即主机)。

(6) 外部设备接口

此接口可将编程器、打印机、条码扫描仪等外部设备与主机相连,以完成相应的操作。

2) PLC 的工作原理

PLC 是采用“顺序扫描,不断循环”的方式进行工作的。即在 PLC 运行时,CPU 根据用户按控制要求编制好并存储于用户存储器中的程序,按指令步序号(或地址号)作周期性循环扫描,如无跳转指令,则从第一条指令开始逐条顺序执行用户程序,直至程序结束。然后重新返回第一条指令,开始新一轮新的扫描。在每次扫描过程中,还要完成对输入信号的采样和对输出状态的刷新等工作。

PLC 扫描的一个周期必经输入采样、程序执行和输出刷新三个阶段。

PLC 在输入采样阶段:首先以扫描方式按顺序将所有暂存在输入锁存器中的输入端子的通断状态或输入数据读入,并将其写入各对应的输入状态寄存器中,即刷新输入。然后关闭输入端口,进入程序执行阶段。

PLC 在程序执行阶段:按用户程序指令存放的先后顺序扫描执行每条指令,执行的结果再写入输出状态寄存器中,输出状态寄存器中所有的内容随着程序的执行而改变。

输出刷新阶段:当所有指令执行完毕,输出状态寄存器的通断状态在输出刷新阶段

送至输出锁存器中,并通过一定的方式(继电器、晶体管或晶闸管)输出,驱动相应输出设备工作。

3) 西门子 S7-200 PLC 的硬件组成

S7-200 包括一个 CPU 模块、电源以及 I/O 扩展端口,这些都被集成在一个紧凑、独立的设备中,具体如图 3-1-2 所示。

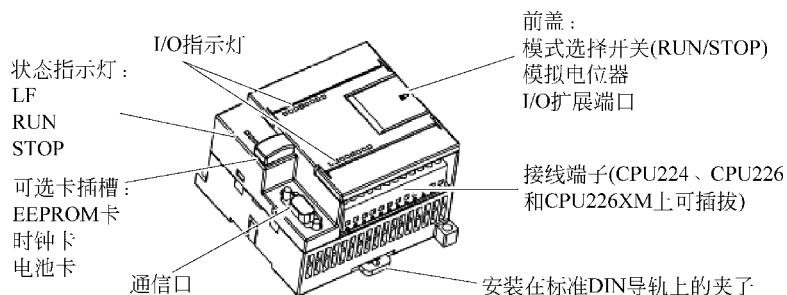


图 3-1-2 S7-200 CPU 外观

CPU 模块负责执行程序 and 存储数据,以便对工业自动控制任务或过程进行控制。

I/O 扩展端口: 输入部分从现场设备中(如传感器或开关)采集信号,输出部分则控制泵、电动机、指示灯以及工业过程中的其他设备。

电源向 CPU 及所连接的任何模块提供电力支持。

通信口用于连接 CPU 与上位机或其他工业设备。

状态指示灯显示了 CPU 工作模式,本机 I/O 的当前状态,以及检查出的系统错误。

3. S7-200 PLC 编程软元件

编程软元件是 PLC 内部具有不同功能的存储器单元,每个单元都有唯一的地址,在编程时,用户只需记住软元件的符号即可。

为了方便不同的编程功能需要,存储器单元作了分区,即 PLC 内部根据软元件的功能不同,分成了许多区域,如输入寄存器、输出寄存器、位存储器、定时器、计数器、通用寄存器、数据寄存器及特殊功能存储器等。

1) 输入继电器(I)

输入继电器又称输入过程映像寄存器,它和 PLC 的输入端子相连,用于接收外部开关信号的控制。输入继电器外接控制开关及内部等效电路图如图 3-1-3 所示。

2) 输出继电器(Q)

输出继电器又称输出过程映像寄存器,它和 PLC 的输出端子相连,可以作为负载的控制信号。输出继电器外接控制及内部等效电路图如图 3-1-4 所示。

3) 通用辅助继电器(M)

通用辅助继电器(又称位存储区或内部标志位)在 PLC 中没有输入输出端子与之对应。

4) 特殊继电器(SM)

特殊继电器的某些位(特殊标志位)具有特殊功能或用来存储系统的状态变量、控制

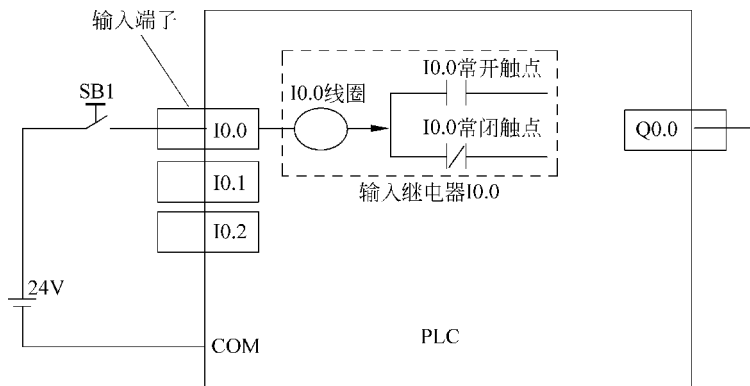


图 3-1-3 输入继电器外接控制开关及内部等效电路图

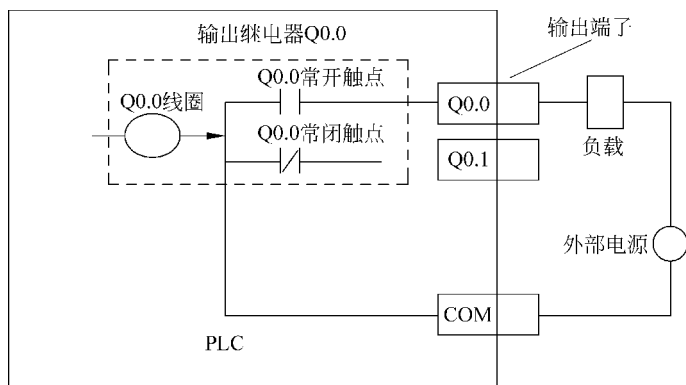


图 3-1-4 输出继电器外接控制及内部等效电路图

参数和信息。其中：

SM0.0——PLC 运行(RUN)指示位,该位在 PLC 运行时始终为 1。

SM0.1——在 PLC 由 STOP 转入 RUN 时,该位为 ON 一个扫描周期,常用作调用初始化子程序。

SM0.2——若保持数据丢失,则该位在一个扫描周期中为 1。

SM0.3——开机后进入 RUN 方式,该位将 ON 一个扫描周期。

SM0.4——该位提供了一个周期为 1min、占空比为 0.5 的时钟脉冲,可作为简单延时使用。

SM0.5——该位提供了一个周期为 1s 的时钟脉冲。

在每个扫描周期的末尾,由 S7-200 更新这些位。

5) 变量存储器(V)

变量存储器用来存储变量,存放程序执行过程中数据处理的中间结果。

6) 局部变量存储器(L)

局部变量存储器用来存放局部变量。

7) 顺序控制继电器(S)

顺序控制继电器称为状态器或状态元件,是顺控继电器指令的重要元件。

8) 定时器(T)

定时器是 PLC 中常用的编程软元件,主要用于累计时间的增量。定时器的工作过程与继电器控制系统的时间继电器类同,如 T37。

9) 计数器(C)

计数器是用来累计输入脉冲的个数,如 C24。

10) 累加器(AC)

累加器是用来暂存数据的寄存器。

S7-200 提供了 4 个 32 位的累加器: AC0、AC1、AC2、AC3。

11) 模拟量输入输出映像寄存器(AI/AQ)

模拟量输入映像寄存器用于存放 A/D 转换后输入的 16 位的数字量,如 AIW2; 模拟量输出映像寄存器用以存放需要进行 D/A 转换的 16 位的数字量,如 AQW2。

12) 高速计数器(HC)

高速计数器可累计比 CPU 的扫描速度更快的事件。

4. 可编程控制器程序设计语言

在可编程控制器中有多种程序设计语言,它们是梯形图、语句表、顺序功能流程图、功能块图等。

梯形图和语句表是基本程序设计语言,通常由一系列指令组成,用这些指令可以完成大多数简单的控制功能。例如,代替继电器、计数器、计时器完成顺序控制和逻辑控制等,通过扩展或增强指令集,它们也能执行其他的基本操作。

供 S7-200 系列 PLC 使用的 STEP7-Micro/Win 32 编程软件支持 SIMATIC 和 IEC1131-3 两种基本类型的指令集。SIMATIC 是 PLC 专用的指令集,执行速度快,可使用梯形图、语句表、功能块图编程语言。IEC1131-3 是可编程控制器编程语言标准,IEC1131-3 指令集中指令较少,只能使用梯形图和功能块图两种编程语言。SIMATIC 指令集的某些指令不是 IEC1131-3 中的标准指令。SIMATIC 指令和 IEC1131-3 中的标准指令系统并不兼容。我们将重点介绍 SIMATIC 指令。

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。LAD 图形指令有 3 个基本形式。

(1) 触点。触点形式如图 3-1-5 所示。

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。线圈形式如图 3-1-6 所示。

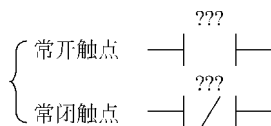


图 3-1-5 S7-200 PLC 触点

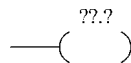


图 3-1-6 S7-200 PLC 线圈

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、接触器等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”可以到达线圈,使线圈得电动作,CPU 将线圈的位地址指定的存储器的位置为 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。指令盒形式如图 3-1-7 所示。

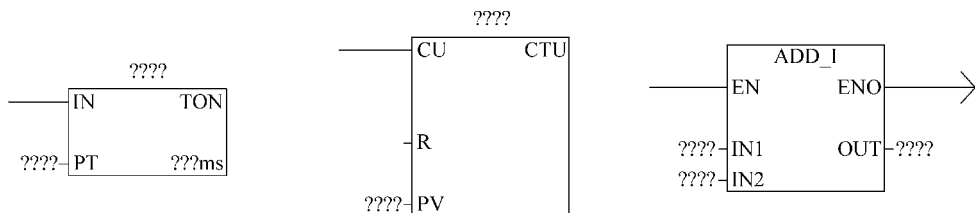


图 3-1-7 S7-200 PLC 的几种指令盒

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省去网络段。

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,如图 3-1-8 所示。

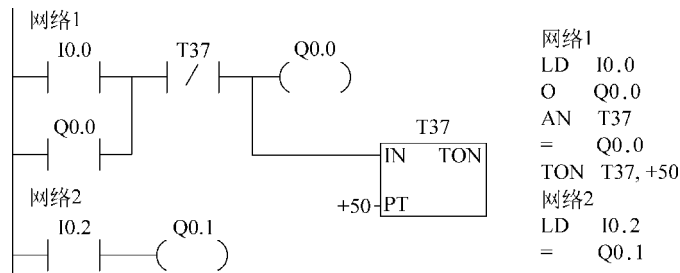


图 3-1-8 S7-200 PLC 的梯形图与语句表对照

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编程设计。

(3) 用编程软件可以将语句表与梯形图相互转换。

3) 顺序功能流程图(Sequential Function Chart)程序设计

顺序功能流程图程序设计是近年来发展起来的一种程序设计。采用顺序功能流程图的描述,控制系统被分为若干个子系统,从功能入手,使系统的操作具有明确的含义,便于设计人员和操作人员设计思想的沟通,便于程序的分工设计和检查调试。顺序功能流程图的主要元素是步、转移、转移条件和动作,如图 3-1-9 所示。

顺序功能流程图程序设计的特点是:

(1) 以功能为主线,条理清楚,便于对程序操作的理解和沟通。

(2) 对大型的程序,可分工设计,采用较为灵活的程序结构,可节省程序设计时间和调试时间。

(3) 常用于系统的规模较大,程序关系较复杂的场合。

(4) 只有在活动步的命令和操作被执行后,才对活动步后的转换进行扫描,因此,整个程序的扫描时间要大大缩短。

4) 功能块图(Function Block Diagram)程序设计语言

功能块图程序设计语言是采用逻辑门电路的编程语言,有数字电路基础的人很容易掌握。功能块图指令由输入、输出段及逻辑关系函数组成。用 STEP7-Micro/Win 32 编程软件将图 3-1-8 所示的梯形图转换为 FBD 程序,如图 3-1-10 所示。

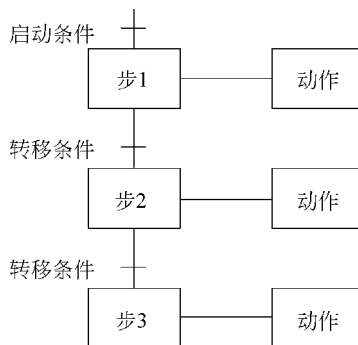
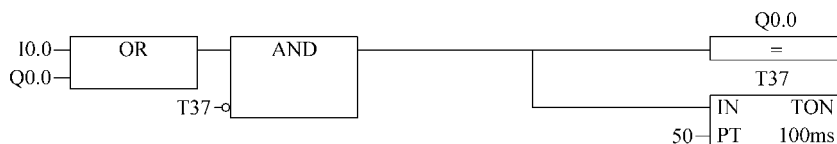


图 3-1-9 PLC 的顺序功能流程图

网络 1



网络 2

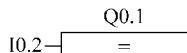


图 3-1-10 S7-200 PLC 的功能块图程序

方框的左侧为逻辑运算的输入变量,右侧为输出变量,输入/输出端的小圆圈表示“非”运算,信号自左向右流动。

5. S7-200 系列 PLC 基本位逻辑指令与应用

1) 基本位操作指令介绍

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

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 3-1-11 所示

说明：

a. 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。

b. 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，表示能流能够到达线圈，CPU 将该线圈对应的存储器的位置为 1，若线圈左侧的逻辑运算结果为 0，表示能流不能够到达线圈，CPU 将该线圈对应的存储器的位写入 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

LD、LDN 指令用于与输入公共母线(输入母线)相连的接点，也可与 OLD、ALD 指令配合使用于分支回路的开头。

= 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。

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 3-1-12 所示

③ A/AN 指令使用说明

A、AN 是单个触点串联连接指令，可连续使用。如图 3-1-13 所示。

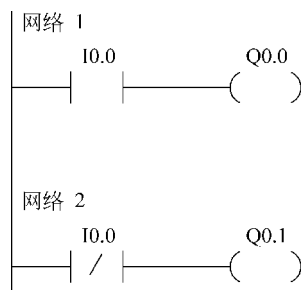


图 3-1-11 S7-200 PLC 的 LD/LDN、OUT 指令的使用