

PLC 基础知识

任务 1 认识 PLC

【学习目标】

掌握 PLC(可编程控制器)的特点、用途、分类、工作原理及其结构、输入/输出形式。

【学习内容】

PLC 的特点、用途、分类、工作原理及其结构、输入/输出形式。

1. PLC 的产生和特点

传统生产机械自动控制装置多采用继电器、接触器控制,称这些系统为继电器-接触器控制系统。继电器-接触器控制系统具有结构简单、价格低廉、容易操作等优点,同时具有体积庞大、生产周期长、接线复杂、故障率高、可靠性及灵活性差等缺点,比较适合于工作模式固定、控制逻辑简单的工业应用场合。

随着计算机的产生和发展,带动了工业生产的发展。为了适应生产工艺不断更新的需要,美国数字设备公司(DEC)于 1969 年研制成功了第一台 PLC,在汽车自动装配线上试用并获得成功。

PLC 具有以下主要特点。

1) 可靠性高

工业控制的可靠性很重要。PLC 在设计、制作、元件的选取上,采用了精选、高度集成化和冗余量大等一系列措施,延长了元件工作寿命,提高了系统的可靠性。即使电源有 $1\text{kV}/\mu\text{s}$ 的脉冲干扰,PLC 也不会出现误动作,能在环境温度 $0\sim 55^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 85% 以下正常工作。它还具有很强的抗震动和抗冲击能力,能安全地工作在恶劣的工业环境中。

2) 编程简单

虽然 PLC 采用了计算机技术,但它的编程不像通用计算机那样困难。目前 PLC 都采用类似继电器控制电路图那样的“梯形图”编程方式,懂得强电控制的技术人员和工人很快就能掌握。

3) 控制能力强、控制速度快

PLC 不但具有对开关量和模拟量的控制能力,还具有数值运算、PID 调节、数据通

信、中断处理的功能。它还具有定时精度高、延时范围广(其中一个定时器的时间设定值为 0.01~327.67s)的特点。继电器控制是依靠触头的机械动作(闭合或断开)来实现的,触点的开闭一般在几十毫秒数量级,而且容易出现触点的抖动问题。PLC 是由程序指令来控制半导体电路实现控制的,速度相当快。一般情况下,一条用户指令的执行时间在微秒数量级。由于 PLC 内部有严格的同步,不会出现抖动问题。

4) 体积小、灵活性强、功耗小、故障率低

一台 PLC 的逻辑控制功能,相当于传统继电器控制中上百个继电器、几十个定时器和计数器。应用 PLC,将使控制装置的体积大大缩小。PLC 逻辑控制由程序完成,可以在生产现场边调试边修改,为产品不断更新改型提供方便,适应生产需要。继电器的触头在开闭时会受到电弧的损坏而缩短寿命;而 PLC 是以集成电路为基本元件的电子设备,内部处理不依赖于机械接点,元件的寿命几乎不用考虑。目前 PLC 的整机平均无故障工作时间一般可达 2 万~5 万小时,甚至更高。

5) 设计、施工周期短

采用继电器控制逻辑完成一项控制工程,设计、施工、调试必须顺序进行,周期长,且修改困难;而使用 PLC 完成一项控制工程,在系统设计完成以后,现场施工和 PLC 程序设计可以同时进行,周期短,且程序的调试和修改都很方便。

2. PLC 产品介绍

目前,世界上 PLC 产品按地域分为三大类:美国、欧洲和日本产品。美国和欧洲的 PLC 技术是在相互隔离的情况下独立研究开发的,产品有明显的差异性;日本的 PLC 技术是从美国引进的,对美国的 PLC 产品有一定的继承性。另外,日本的主推产品定位在小型 PLC,而欧美以大中型 PLC 为主。

美国是 PLC 生产大国,有 100 多家 PLC 生产厂商,其中著名的有 A-B 公司、通用电气(GE)公司、莫迪康(MODICON)公司、德州仪器(TI)公司、西屋公司。A-B 公司是美国最大的 PLC 制造商,其产品约占美国 PLC 产品市场的一半。

欧洲 PLC 生产商有德国的西门子(SIEMENS)公司、AEG 公司及法国的 TE 公司。德国西门子公司的电子产品以性能精良而久负盛名,在中大型 PLC 产品领域与美国的 A-B 公司齐名。其 PLC 主要产品是 S5、S7 系列。在 S5 系列中,S5-90U、S5-95U 属于微型整体式 PLC;S5-100U 是小型模块式 PLC,最多可配置 256 个 I/O 点;S5-115U 为中型机,最多可配置 1024 个 I/O 点;S5-155U 为大型机,最多可配置 4096 个 I/O 点,模拟量可达 300 多路;SU-155H 是大型机,是由两台 S5-155U 组成的双机冗余系统。S7 系列是西门子公司在 S5 系列基础上推出的新产品,其性价比高。其中,S7-200 系列属于微型 PLC,S7-300 系列属于中小型 PLC,S7-400 系列属于中高性能的大型 PLC。

日本的 PLC 以小型机最具特色。某些需要用欧美的中型机或大型机才能实现的控制,采用日本的小型机就可以解决,在开发较复杂的控制系统方面明显优于欧美的小型机,所以十分受用户欢迎。日本有许多 PLC 制造商,如三菱、欧姆龙、松下、富士、日立、东芝等。在世界小型 PLC 市场上,日本产品占有 70% 的份额。三菱公司的 PLC 是较早进入中国市场的产品。

PLC 可以应用于各行各业,应用类型归纳为以下几种。

1) 开关逻辑控制

这是 PLC 最基本的应用,可取代一切传统的继电控制装置。其应用如金属切削机床、组合机床、注塑机、包装机、电梯、电镀生产线、高炉上料配料系统、库房货物堆放存取和皮带运输机等。

2) 工业机器人的控制

对于机器人的控制,很多工厂采用 PLC,如美国 Jeep 公司的焊接自动线上使用 29 个机器人,每个由一台 PLC 控制。

3) 数据处理

PLC 具有数学运算、数据传递、转换、排序和查表等功能,也能完成数据的采集、分析和处理。

4) 闭环过程控制

PLC 配以模拟量输入/输出装置,可对锅炉、冷库、反应堆和酿酒等过程进行控制,也可对位置和速度进行闭环控制。

5) 组网控制

PLC 的通信包括 PLC 之间、PLC 与上位计算机之间以及 PLC 与其他智能设备之间的通信。特别是在某些远程控制、控制点分散等场合,PLC 的网络功能显得尤为重要。

3. PLC 的结构及种类

PLC 的硬件构成与微型计算机相似,由 CPU(中央处理器)、存储器、输入/输出(I/O)接口、编程器、电源五大部分组成。此外,根据用户需要而配置的各种外部设备,如编程器、计算机、图形显示器及其他设备等,都可以通过通信接口与 PLC 相连。图 1-1 所示是 PLC 的硬件结构示意图。

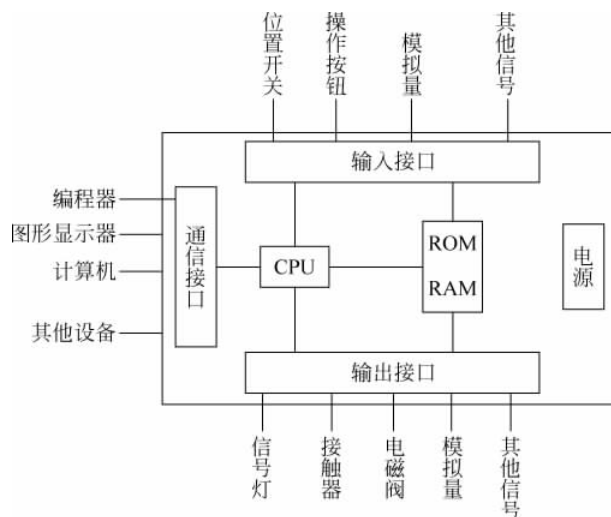


图 1-1 PLC 的硬件结构示意图

1) 中央处理器

中央处理器简称为 CPU。与普通计算机一样, CPU 是核心, 对 PLC 的整机性能有着决定性影响, 主要用途是处理和运行用户程序, 针对外部输入信号做出正确的逻辑判断, 并将结果输出给有关部分, 以控制生产机械按既定程序工作。另外, CPU 还对其内部工作进行自动检测, 并协助 PLC 各部分工作, 如果有错, 它能立即停止运行。

2) 存储器

PLC 的存储器分为系统程序存储器和用户存储器两种。

系统程序存储器用来存放制造商为用户提供的监控程序、模块化应用功能子程序、命令解释程序、故障诊断程序及其他各种管理程序。系统程序直接影响 PLC 的整机性能。系统程序需要永久保存在 PLC 中, 不能因关机、停电或其他部分出现故障而改变其内容。因此, 制造商都将系统程序固化在只读存储器 ROM 中, 作为机器的一部分提供给用户, 用户无法改变系统程序的内容。

用户存储器是专门提供给用户存放程序 and 数据的, 所以用户存储器通常又分为用户程序存储器和数据存储器两个部分。用户存储器有 RAM、EPROM、E²PROM 三种类型。随机存储器 RAM 一般都是 CMOS 型的, 耗电极微。在 PLC 中, 通常都用锂电池作为后备, 在失电时也不会丢失程序。为防止由于错误操作而损坏程序, 在程序调试完成后, 还可用 EPROM 或 E²PROM 将程序固化。EPROM 的缺点是在写入和擦除时都必须用专用的写入器和擦除器, 用户使用时很不方便, 所以目前用得最多的是 E²PROM, 它采用电擦除的方法, 写入和擦除时只需编程器即可, 不用其他专用装置。

数据存储器用来存放控制过程中需要不断改变的信息, 如输入/输出信号、各种工作状态、计数器、定时器、运算的中间结果等。这些数据在 PLC 运行期间总是不断地改变, 只能用可以随意读写的随机存储器 RAM 来存放。调试成功的用户程序一般都存储在 EPROM 或 E²PROM 中。

3) 输入/输出(I/O)接口

输入/输出信号有开关量、模拟量、数字量三种类型。PLC 的一大优点是抗干扰能力强。在 PLC 的输入端, 所有信号都是经过光电耦合并经过 RC 电路滤波后才送入 PLC 内部放大器的。采用光电耦合和 RC 滤波的措施后, 能有效地消除环境中杂散电磁波等造成的干扰, 而且光电的输入/输出具有很高的绝缘电阻, 能承受 1500V 以上的高压而不被击穿。

图 1-2 所示是采用光电耦合的开关量输入接口电路原理图。图中, 当现场开关闭合时, 光电耦合中的发光二极管因有足够的电流流过而发光, 光耦输出端的光敏三极管导通, A 点为高电平, 经反相器反相后, B 点为低电平, LED 因有电流流过而发光。LED 用于指示相应的输入接点状态, 其发光时表明相应的接点处在接通状态。

分析图 1-2 可知, 开关量输入接口电路的主要参数是输入电流。现场开关闭合时, 必须有足够的电流流入光耦输入端, 使发光二极管完全导通; 现场开关断开时, 必须保证流入光耦输入端的电流足够小, 以保证光耦输出端的光敏三极管可靠截止。不同型号的 PLC 输入可靠动作的电流都有明确规定, 使用时不可草率, 以免损坏设备。

PLC 的输出有三种形式: 继电器输出、晶闸管输出(SSR 型)和晶体管输出。

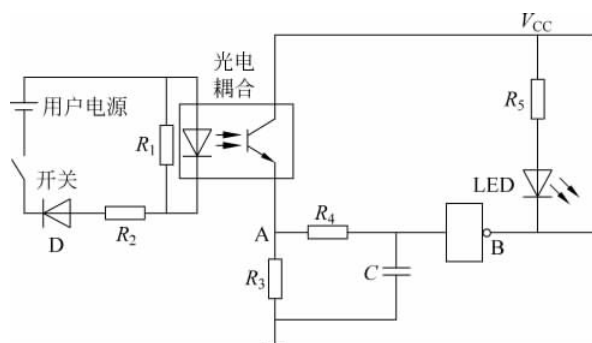


图 1-2 开关量输入接口电路

继电器输出型是利用继电器线圈与输出触点,将 PLC 内部电路与外部负载电路进行电气隔离;SSR 输出型是采用光控晶闸管,将 PLC 的内部电路与外部负载电路进行电气隔离;晶体管输出型是采用光电耦合器,将 PLC 内部电路与输出晶体管隔离。无论哪种隔离方式,都能有效地防止因外部故障而涉及内部电路,保证 PLC 的输出安全、可靠。PLC 输出电路原理图如图 1-3 所示。

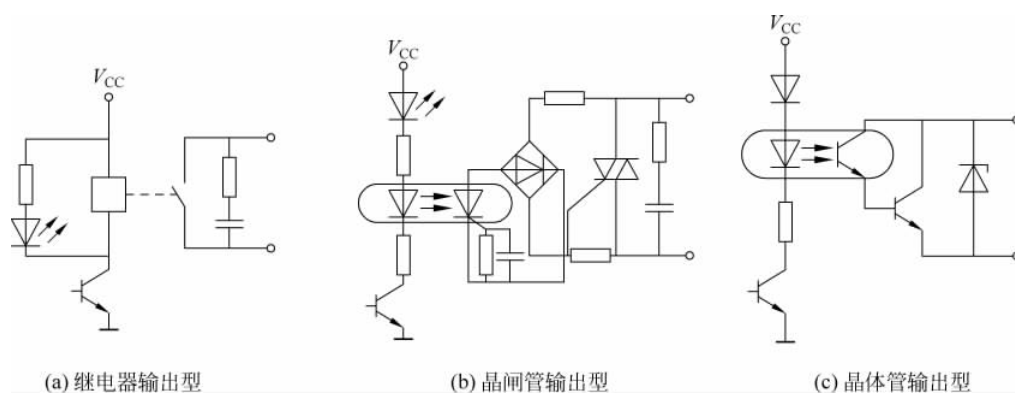


图 1-3 PLC 输出电路原理图

用户设备需要输入 PLC 的各种控制信号,如位置开关、操作按钮、传感器信号等,通过输入部件将这些信号转化成中央处理器能够接收和处理的数字信号。输出部件将中央处理器送出的弱电信号转化成现场需要的电平强电信号输出,以驱动电磁阀、接触器等被控设备的执行元件。

在继电器输出型中,CPU 可根据程序执行的结果,使 PLC 内设继电器线圈通电,带动触点闭合。通过继电器闭合的触点,由外部电源驱动交、直流负载。其优点是过载能力强,交、直流负载皆宜;但存在动作速度较慢,且为触点系统,使用寿命有限的问题。

双向晶闸管和晶体管输出型输出分别具有驱动交、直流负载能力。晶闸管输出型 CPU 通过光耦电路的驱动,使双向晶闸管通断,驱动交流负载;晶体管输出型 CPU 通过光耦电路的驱动,使晶体管通断,驱动直流负载。其优点是两者均为无触点开关系统,不存在电弧现象,而且开关速度快;缺点是半导体过载能力差。

以上列举了一类输入、三类输出电路形式,各类 PLC 产品的输入/输出电路结构形式均有不同,但光电隔离及阻容滤波等抗干扰措施是相似的。

根据输入/输出电路的结构形式不同,I/O 接口又分为开关量 I/O 和模拟量 I/O 两大类。其中,模拟量 I/O 要经过 A/D、D/A 转换电路的处理,转化成计算机系统所能识别的数字信号。在整体结构的 PLC 中,I/O 接口电路结构形式隐含在 PLC 的型号中。在模块式结构的 PLC 中,有开关量的交、直流 I/O 模块,模拟量 I/O 模块及各种智能 I/O 模块供选择。

PLC 输入/输出电路的不同结构形式能够适应不同负载的要求。PLC 的输出端子有两种接法:一种是输出端无公共端,每一路输出都是各自独立的,如图 1-4 所示;另一种是若干路输出构成一组,共用一个公共端,各组的公共端用编号区分,如 COM1、COM2...各组的公共端间相互隔离,如图 1-5 所示。

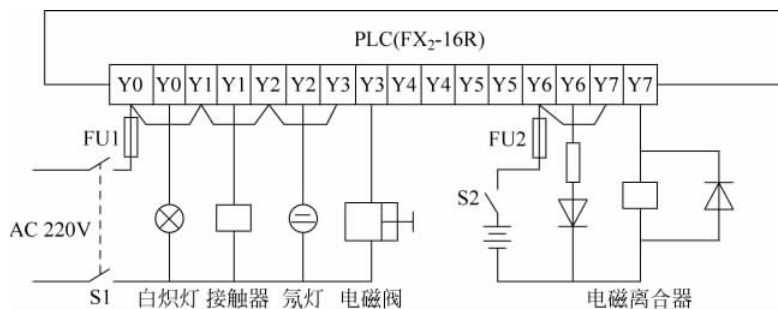


图 1-4 各路输出独立的输出方式

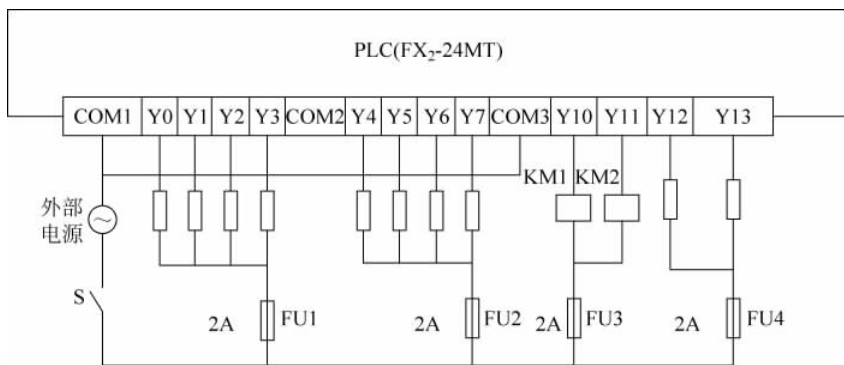


图 1-5 每四路共用一个公共端的输出方式

对共用一个公共端的同一组输出,必须用同一电压类型和同一电压等级,但不同的公共点组可使用不同的电压类型和电压等级。例如,假设输出端每四个分为一组,共用一个公共端, Y0~Y3 共用 COM1, Y4~Y7 共用 COM2, Y0~Y3 使用的电压可以为 AC 220V, Y4~Y7 使用的电压可以为 DC 24V。

注意:继电器型具有较大的输出电流,一般对电压为 AC 250V 以下的电路驱动纯电阻性负载的能力为 2A/点(PLC 输出继电器触点),晶闸管型和晶体管型输出电流都比较

小。参数不同的 PLC 有所不同,使用时应认真阅读产品说明书。特别应该注意的是,对于感性负载,由于在断开的瞬间产生较高的自感电动势,因此在考虑 PLC 的输出电流时应留有余地。此外,对于交流电路中的感性负载,应在负载两端并联 RC(一般 R 取 120Ω , C 取 $0.1\mu\text{F}$)浪涌吸收电路;对于直流电路中的感性负载,要在负载两端并联续流二极管。

4) 电源

小型 PLC 的电源输出一般分为两个部分:一部分供 PLC 内部电路工作,另一部分用于向外提供给现场传感器等工作。与其他电子设备一样,电源也是非常重要的一部分,它的性能直接影响 PLC 的性能和可靠性。

PLC 对电源的基本要求如下所述。

- (1) 能有效控制、消除电网电源带来的各种噪声。
- (2) 不会因电源发生故障而导致其他部分产生故障。
- (3) 能在较宽的电压波动范围内保持输出电压稳定。
- (4) 电源本身的功耗尽可能低,以降低整机的温升。
- (5) 内部电源及 PLC 向外提供的电源与外部电源间应完全隔离。
- (6) 有较强的自动保护功能。

目前,PLC 都采用开关电源,将交流/直流供电电源转化为 PLC 内部电路需要的工作电源(5V 直流)。当输入端子为非干接点结构时,为外部输入元件提供 24V 直流电源(仅供输入端子使用),其性能稳定、可靠。对于数据存储器,常采用锂电池作为断电保护后备电池。锂电池的工作寿命大约 5 年。

5) 编程器

编程器是开发、维护可编程自动控制系统不可缺少的外部设备。各厂家都为自己的 PLC 系列产品开发专用的编程器,所以对于不同系列的 PLC,其编程器一般不能通用。编程器在系统中的作用是:对 PLC 进行编程、发出命令和监视 PLC 的工作状态等。所以,编程器的工作方式有下列 3 种。

(1) 编程方式。在这种方式下,可以把用户程序送入 PLC 主机的内存,也可对原有的程序进行显示、修改、插入、删除等操作。

(2) 命令方式。在此方式下,对 PLC 发出各种命令,如向 PLC 发出运行、暂停、出错复位等命令。

(3) 监视方式。在此方式下,对 PLC 进行检索,观察各个输入/输出点的通、断状态,以及内部线圈、计数器、定时器、寄存器的工作状况及当前值,也可以跟踪程序的运行过程,对故障进行监测等。

目前常用的编程器有手持式简易编程器、便携式图形编程器和计算机等。其中,手持式简易编程器价格低、体积小,使用普及,特别适用于一般自动控制系统的编程和现场调试。便携式图形编程器体积较手持式大,其优点是显示屏大,一屏可显示多行梯形图,但由于性价比不高,其应用和发展受到很大的限制。用计算机编程是最直观、功能最强大的一种方式。它可以在计算机上直接用梯形图编程或用指令编程,并且可将梯形图和指令进行相互转换。编好的程序可直接存入计算机的硬盘或软盘,如果需要,可将程序打印输

出。利用计算机编程的最大优点是可以充分利用计算机的硬件资源,既可以联机编程,又可以脱机编程,还可以利用编程软件进行仿真运行。

PLC 若按输入/输出点数,分为小型、中型、大型三类。一般将输入/输出总点数在 128 以内的 PLC 称为小型 PLC; 输入/输出总点数大于 128 点、小于 1024 点的 PLC 称为中型 PLC; 输入/输出总点数超过 1024 点的 PLC 称为大型 PLC。

除按输入/输出总点数分类外,通常还按 PLC 的结构,分为单元式、模块式、叠装式三类。

单元式是目前使用最普遍的一种。单元式的特点是结构非常紧凑,将所有的电路都装入一个模块,构成一个整体,整机体积小,安装方便。单元式结构的 PLC 可以直接安装在机床或电控柜中。

模块式 PLC 采用搭积木的方式组成系统。在一块基板上插上 CPU、电源、I/O 模块及特殊功能模块,构成一个 I/O 点数较多的大规模综合控制系统。模块式结构的特点是 CPU、输入电路、输出电路均是独立的模块,故配置灵活,可根据不同的系统规模选用不同档次的 CPU 及各种输入/输出模块、功能模块。

叠装式具有单元式结构紧凑、模块式配置灵活的优点。在结构上,它采用各种单元、CPU 自成独立模块的方式,但安装不用基板,改用电缆实现单元联络,且各单元可以一层层叠装。

任务 2 用 PLC 控制三相交流异步电动机的正、反转

【学习目标】

掌握 PLC 的工作原理及一些基本程序指令(如 LD、OR、AND、ANI、OUT、END 等指令);掌握计算机编程软件安装及编程步骤;掌握三相交流异步电动机正、反转控制的安装调试。

【学习内容】

PLC 的工作原理; PLC 的基本指令; PLC 的编程操作及三相交流异步电动机正、反转控制的安装调试。

1. PLC 的工作原理

1) PLC 的工作方式

PLC 采用循环扫描工作方式,即 PLC 的用户程序采用循环扫描工作方式来执行。它有两种基本的工作模式:停止(STOP)模式和运行(RUN)模式。

(1) 停止模式。

在停止模式下,PLC 只进行内部处理和向 CPU 装载程序,不执行程序。在内部处理阶段,PLC 检查 CPU 模块内部的硬件是否正常,完成监控定时器复位等工作。

(2) 运行模式。

在运行模式下,PLC 要完成输入处理、程序执行和输出处理三个阶段的工作。

① 输入处理阶段又称为输入采样阶段。在此阶段,PLC 以扫描方式按顺序将所有输入信号的状态(开或关)读入映像寄存器并存储起来,称为输入信号采样,也称为输入

刷新。

② 程序执行阶段又称程序处理阶段。在此阶段,CPU 反复执行反映控制要求的用户程序来实现控制功能。为使 PLC 的输出及时响应随时可能变化的输入信号,用户程序要不断地重复执行,直至 PLC 停机或切换到 STOP 模式。PLC 的执行程序过程是:根据本次采样到输入映像寄存器中的数据,依用户程序的顺序逐条执行用户程序,执行的结果都存入元件映像寄存器。

注意:在程序执行阶段和输出刷新阶段,即使用户输入端的输入信号发生变化,输入映像寄存器的内容也不会改变。输入状态的变化只有在下一个扫描周期的输入采样阶段才会被读入。要特别说明的是,对于程序执行顺序,若程序用梯形图表示,总是按先上后下、先左后右的顺序扫描;若遇到跳转指令,按跳转条件是否满足来决定程序是否跳转。

③ 输出处理阶段又称输出刷新阶段。在此阶段,PLC 将程序执行阶段中存入输出映像寄存器(即输出继电器的元件映像寄存器)的内容(即输出继电器的状态)转存到输出锁存电路,再通过输出端驱动用户输出设备。这就是 PLC 的实际输出。

PLC 重复执行上述三个阶段,每重复一次的时间就是一个扫描周期(也称一个工作周期)。在每次扫描中,PLC 只对输入采样一次,输出刷新一次,以确保在程序执行阶段,在同一个扫描周期的输入映像寄存器和输出锁存电路中的内容保持不变。其程序执行过程如图 1-6 所示。

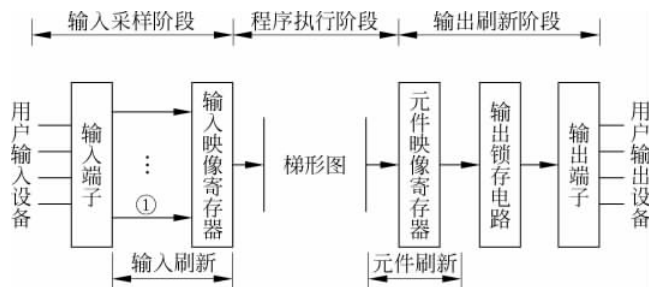


图 1-6 程序执行过程

2) PLC 控制系统的组成

PLC 控制系统一般由三个部分组成,如图 1-7 所示。



图 1-7 PLC 控制系统的组成

(1) 输入部分。

输入部分的作用是收集现场信号和操纵命令。常用的输入部件是各种按钮、开关(操作开关、位置开关、晶体管开关电路)等。

(2) 输出部分。

输出部分的作用是按 PLC 的逻辑判断结果去驱动执行元件。常用的执行部件有接触器、电磁铁、电磁离合器的线圈和指示灯、数码管等。

(3) 内部控制电路。

内部控制电路是通过人与 PLC 交流和沟通的语言——梯形图来执行用户的控制要求,即用户根据控制要求绘制梯形图或编制程序,通过计算机下载到 PLC 中,利用 PLC 实施其控制要求。

从 PLC 内部控制过程可以看出,要使 PLC 工作,必须学会与 PLC 交流的语言——梯形图。那么,什么是梯形图呢?

梯形图是由母线、常开触点、常闭触点、线圈按一定的逻辑关系组合而成的一种程序设计语言。图 1-8 所示是三相交流异步电动机单向控制梯形图。

图 1-8 中,最左边的竖线称为母线,┆┆ X2、┆┆ Y0 为输入继电器 X2、输出继电器 Y0 的常开触头,┆┆ X1、┆┆ X0 为输入继电器 X1、X0 的常闭触头,○Y0 为输出继电器的线圈。PLC 内有很多继电器,如输入继电器 X、输出继电器 Y、普通继电器 M、状态继电器 S、定时器 T、计数器 C 和一些特殊继电器等。

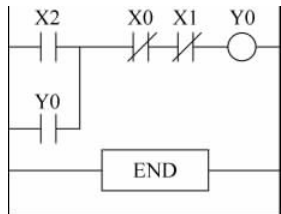


图 1-8 梯形图

2. PLC 的基本指令

语句是语句表程序的基本单位,每个语句都由地址(步序号)、操作码(指令助记符)和操作数(数据)三部分组成。即语句表示如下:

步序号 指令助记符 操作数

PLC 的程序由语句表组成,它是依据梯形图,将一个控制任务用语句表的方式表达出来。下面是 PLC 的一些基本指令。

1) 常开触点与母线相连指令

指令助记符为 LD(三菱公司生产的 PLC 用 LD 表示,松下公司用 ST 表示。不同的 PLC 生产厂家,其指令助记符各有不同),其操作数为 X、Y、M、C、T(T 为时间继电器,C 为计数器)。

2) 常闭触点与母线相连指令

指令助记符为 LDI(无特殊说明,本书中都是三菱公司生产的 PLC 指令助记符),其操作数为 X、Y、M、C、T。

图 1-8 所示梯形图中的第 1 条指令语句为

0 LD X2

若图 1-8 所示梯形图中的 X2 为常闭触点,则第 1 条指令语句为

0 LDI X2