

单元一 PLC 基本控制系统的设计

【项目简介】

一、设计调试工作台自动往返 PLC 控制系统

工作台自动往返在生产中经常被使用，如刨床工作台的自动往返等，工作台在无人控制的情况下，由电动机带动，经限位开关控制在两点间自动往返。

二、设计调试三相异步电动机的星—角降压起动 PLC 控制系统

三相异步电动机星—角降压起动控制是应用最广泛的起动方式，电动机首先星形起动，延时几秒后变为三角形起动方式。

三、设计送料小车三点往返运行 PLC 控制系统

小车往返运动控制广泛应用于工业生产设备中。小车自动往复循环利用行程开关实现往复运动控制，通常叫做行程控制。送料小车起动后先开始右行，到右端停下卸料向左行，到左端停下装料，5s 后装料结束，开始左行送料；如此三点往复循环重复开始前面动作。

四、设计调试轧钢机 PLC 控制系统

轧钢机全程正常工作，满足带材类生产的自动化控制需要。

【学习目标】

1. 掌握 PLC 控制系统的总体构建。
2. 掌握 PLC 软元件及基本指令的应用。
3. 强化基本指令程序的编写能力。
4. 掌握 PLC 电气系统图的识读及绘制。
5. 熟悉 PLC 系统的电源技术指标、设备及器件选择。
6. 掌握电动机基本环节 PLC 控制系统的安装工艺和调试技能。
7. 熟悉 PLC 常用硬件结构的特点和功能。
8. 熟悉 PLC 的软件结构和基本编程语言。
9. 初步掌握应用基本逻辑语言编制程序的方法。
10. 会使用软件进行编程操作。

【建议课时】

24 课时。

项目 1 设计调试工作台自动往返 PLC 控制系统

【任务描述】

工农业生产中，有很多机械设备都是需要往复运动的，例如磨床的工作台机构的运动。这可以通过电气控制线路对电动机实现自动正反转相控制来实现。

【任务资讯】

一、PLC 的结构

PLC 的结构多种多样，但其组成的一般原理基本相同，都是采用以微处理器为核心式的结构。硬件系统一般主要由中央处理器（CPU）、存储器（RAM、ROM）、输入接口（I）、输出接口（O）、扩展接口、编程器和电源等几部分组成，如图 1-1-1 所示。

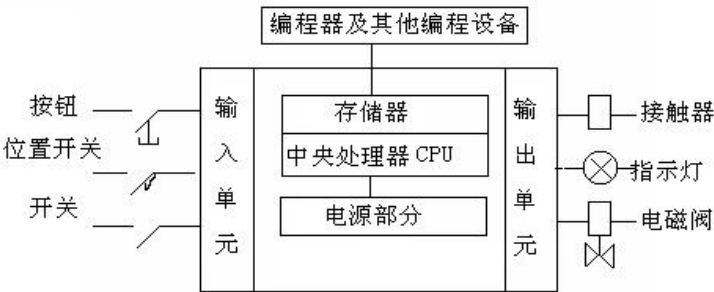


图 1-1-1 PLC 的基本结构

1. 中央处理器（CPU）

CPU 是 PLC 控制系统的核心，相当于人的大脑，它控制着整个 PLC 控制系统有序地运行。在 PLC 控制系统中，PLC 程序的输入和执行、PLC 之间或 PLC 与上位机之间的通信、接收现场设备的状态和数据都离不开 CPU。CPU 模块还可以进行自我诊断，即当电源、存储器、输入/输出端子、通信等出现故障时，它可以给出相应的指示或做出相应的动作。

2. 存储器单元

存储器是具有记忆功能的半导体电路，用来存放系统程序、用户程序和数据。

（1）系统程序存储器。

系统程序存储器存放 PLC 生产厂家编写的系统程序，固化在 PROM 和 EEPROM 中，用户不能修改。

（2）用户程序存储器。

用户程序存储器可分为程序存储区和数据存储区。程序存储区存放用户编写的控制程

序, 用户用编程器写入 RAM 或 EEPROM。数据存储区存放程序执行过程中所需或产生的中间数据, 包括输入输出过程映像、定时器、计数器的预置值和当前值。

3. 输入/输出接口

输入/输出接口又称 I/O 接口, 是系统的眼、耳、手、脚, 是联系外部现场和 CPU 模块的桥梁。用户设备需要输入 PLC 的各种控制信号, 如限位开关、操作按钮、选择开关、行程开关以及其他一些传感器输出的开关量或模拟量 (要通过模数变换进入机内) 等, 通过输入接口电路将这些信号转换成中央处理单元能够接收和处理的信号。

输出接口电路将中央处理单元送出的弱电控制信号转换成现场需要的强电信号输出, 以驱动电磁阀、接触器、电动机等被控设备的执行元件。

(1) 输入接口。

输入接口接收和采集输入信号 (如限位开关、操作按钮、选择开关、行程开关以及其他一些传感器输出的开关量), 并将这些信号转换成 CPU 能够接收和处理的数字信号。输入接口电路通常有两种类型: 直流输入型 (如图 1-1-2 所示) 和交流输入型 (如图 1-1-3 所示)。从图中可以看出, 两种类型都设有 RC 滤波电路和光电耦合器, 光电耦合器一般由发光二极管和光敏晶体管组成, 在电气上使 CPU 内部和外界隔离, 增强了抗干扰能力。

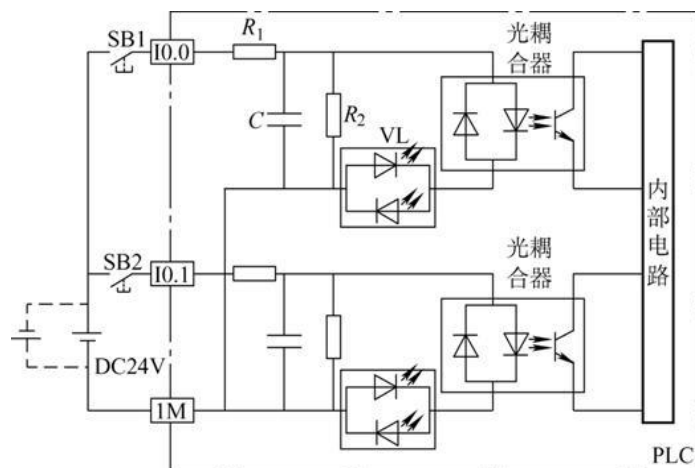


图 1-1-2 直流输入接口电路示意图

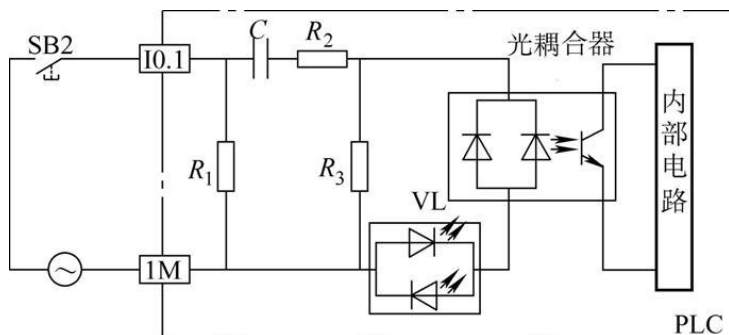


图 1-1-3 交流输入接口电路示意图

（2）输出接口。

输出接口将经过中央处理单元 CPU 处理过的输出数字信号（1 或 0）传送给输出端的电路元件，以控制其接通或断开，从而驱动接触器、电磁阀、指示灯、数字显示装置和报警装置等。

为适应不同类型的输出设备负载，PLC 的接口类型有继电器输出型、双向晶闸管输出型和晶体管输出型三种，如图 1-1-4 至图 1-1-6 所示。继电器输出型为有触点输出方式，可用于接通或断开开关频率较低的直流负载或交流负载回路，这种方式存在继电器触点的电气寿命和机械寿命问题；双向晶闸管输出型和晶体管输出型皆为无触点输出方式，开关动作快、寿命长，可用于接通或断开开关频率较高的负载回路，其中双向晶闸管输出型只用于带交流电源负载，晶体管输出型只用于带直流电源负载。

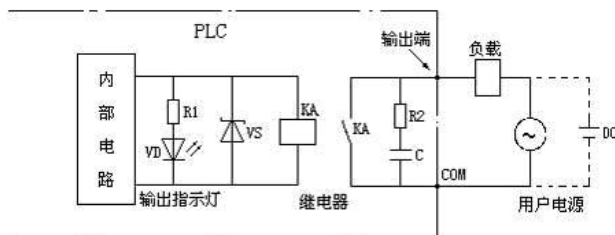


图 1-1-4 继电器输出接口电路示意图

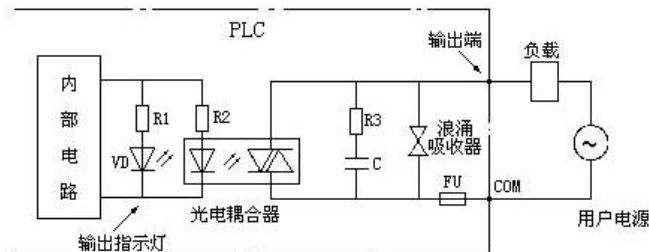


图 1-1-5 双向晶闸管输出接口电路示意图

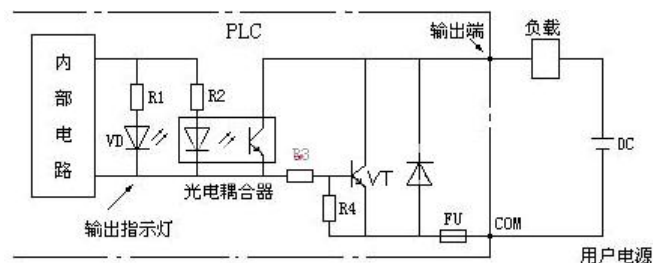


图 1-1-6 晶体管输出接口电路示意图

从三种类型的输出电路可以看出，继电器、双向晶闸管和晶体管作为输出端的开关元件受 PLC 的输出指令控制，完成接通或断开与相应输出端相连的负载回路的任务，它们并不向负载提供电源。

负载工作电源的类型、电压等级和极性应该根据负载要求以及 PLC 输出接口电路的技术性能指标确定。

4. 电源单元

PLC 配有开关电源, 以供内部电路使用。与普通电源相比, PLC 电源的稳定性好、抗干扰能力强, 对电网提供的电源稳定度要求不高, 一般允许电源电压在其额定值 $\pm 15\%$ 的范围内波动。许多 PLC 还向外提供直流 24V 稳压电源, 用于对外部传感器供电。

5. 编程器

编程器的作用是将用户编写的程序下载至 PLC 的用户程序存储器, 并利用编程器检查、修改和调试用户程序, 监视用户程序的执行过程, 显示 PLC 状态、内部器件及系统的参数等。

编程器有简易编程器和图形编程器两种。简易编程器体积小、携带方便, 但只能用语句形式进行联机编程, 适合小型 PLC 的编程及现场调试。图形编程器既可用语句形式编程, 又可用梯形图编程, 同时还能进行脱机编程。

目前 PLC 制造厂家大都开发了计算机辅助 PLC 编程支持软件, 当个人计算机安装了 PLC 编程支持软件后可用作图形编程器进行用户程序的编辑、修改, 并通过个人计算机和 PLC 之间的通信接口实现用户程序的双向传送、监控 PLC 运行状态等。

6. 其他接口

其他接口有 I/O 扩展接口、通信接口、编程器接口、存储器接口等。

(1) I/O 扩展接口。

小型的 PLC 输入输出接口都是与中央处理单元 CPU 制造在一起的, 为了满足被控设备输入输出点数较多的要求, 常需要扩展数字量输入输出模块; 为了满足模拟量控制的要求, 常需要扩展模拟量输入输出模块, 如 A/D、D/A 转换模块; I/O 扩展接口 (如图 1-1-7 所示) 就是为连接各种扩展模块而设计的。



图 1-1-7 PLC 扩展接口连接图

(2) 通信接口。

通信接口用于 PLC 与计算机、PLC、变频器和文本显示器 (触摸屏) 等智能设备之间的连接 (如图 1-1-8 所示), 以实现 PLC 与智能设备之间的数据传送。



图 1-1-8 通信接口的连接示意图

二、PLC 的工作原理

PLC 系统由三部分组成：输入部分、用户程序、输出部分，等效电路如图 1-1-9 所示。

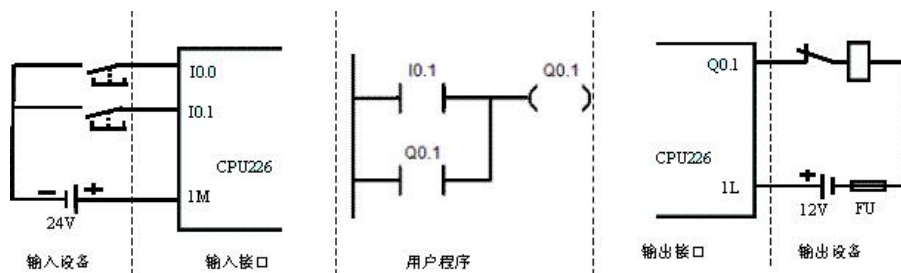


图 1-1-9 PLC 系统等效电路示意图

1. PLC 的工作过程

PLC 虽然具有微机的许多特点，但它的工作方式却与微机有很大不同。微机一般采用等待命令的工作方式，PLC 则采用周期循环扫描的工作方式，CPU 连续执行用户程序和任务的循环序列称为扫描。PLC 对用户程序的执行过程是 CPU 的循环扫描，并用周期性地集中采样、集中输出的方式来完成。一个扫描周期（工作周期）主要分为以下几个阶段（如图 1-1-10 所示）：

（1）上电初始化。

PLC 上电后，首先对系统进行初始化，包括硬件初始化、I/O 模块配置检查、停电保持范围设定、清除内部继电器、复位定时器等。

（2）CPU 自诊断。

在每个扫描周期必须进行自诊断，通过自诊断对电源、PLC 内部电路、用户程序的语法等进行检查，一旦发现异常，CPU 使异常继电器接通，PLC 面板上的异常指示灯 LED 亮，内部特殊寄存器中存入出错代码并给出故障

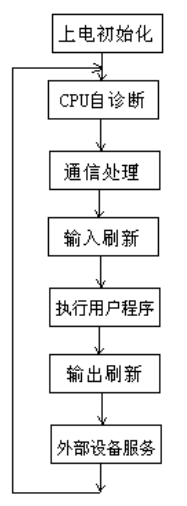


图 1-1-10 工作原理示意图

显示标志。如果不是致命错误则进入 PLC 的停止 (STOP) 状态; 如果是致命错误则 CPU 被强制停止, 等待错误排除后才转入 STOP 状态。

(3) 与外部设备通信。

与外部设备通信阶段, PLC 与其他智能装置、编程器、终端设备、彩色图形显示器、其他 PLC 等进行信息交换, 然后进行 PLC 工作状态的判断。

PLC 有 STOP 和 RUN 两种工作状态, 如果 PLC 处于 STOP 状态, 则不执行用户程序, 将通过与编程器等设备交换信息来完成用户程序的编辑、修改及调试任务; 如果 PLC 处于 RUN 状态, 则将进入扫描过程, 执行用户程序。

(4) 扫描过程。

PLC 以扫描方式把外部输入信号的状态存入输入映像区, 再执行用户程序, 并将执行结果输出存入输出映像区, 直到传送到外部设备。

PLC 上电后周而复始地执行上述工作过程, 直至断电停机。

2. 用户程序循环扫描

PLC 对用户程序进行循环扫描分为输入采样、程序执行和输出刷新三个阶段, 如图 1-1-11 所示。

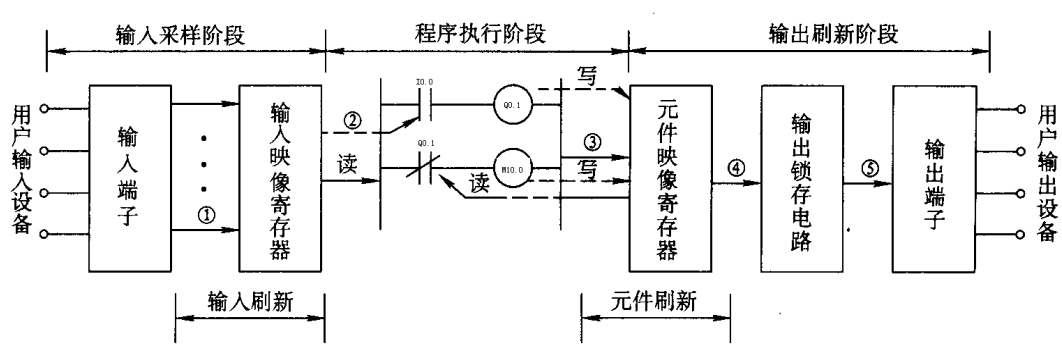


图 1-1-11 用户程序循环扫描过程示意图

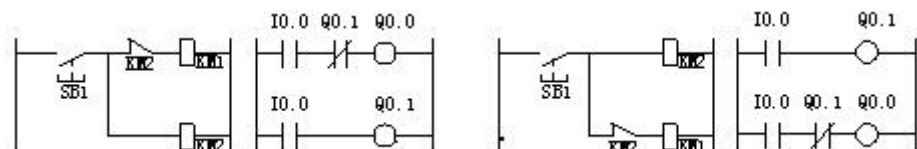
(1) 输入采样阶段: PLC 逐个扫描每个输入端口, 将所有输入设备的当前状态保存在相应的存储区 (又称输入映像寄存器), 在一个扫描周期中状态保持不变, 直至下一个扫描周期又开始采样。

(2) 程序执行阶段: PLC 采样完成后进入程序执行阶段。CPU 从用户程序存储区逐条读取用户指令, 经解释后执行, 产生的结果送入输出映像寄存器并更新。在执行的过程中用到输入映像寄存器和输出映像寄存器的内容为上一个扫描周期执行的结果。程序执行自左至右、自上向下顺序进行。

(3) 输出刷新阶段: 在此阶段将输出映像寄存器中的内容传送到输出锁存器中, 经接口送到输出端子, 驱动负载。

3. 继电器控制与 PLC 控制的差异

PLC 程序的工作原理可简述为由上至下、由左至右、循环往复、顺序执行。与继电器控制线路的并行控制方式存在差别, 如图 1-1-12 所示。



(a) 触头通断无差异

(b) 触头通断有差异

图 1-1-12 梯形图与继电器控制触头通断状态分析

图 1-1-12 (a) 所示的控制图中, 如果是继电器控制线路, 由于是并行控制方式, 首先是线圈 Q0.0 与线圈 Q0.1 均通电, 然后因为动断触点 Q0.1 的断开导致线圈 Q0.0 断电; 如果为梯形图控制线路, 当 I0.0 接通后, 线圈 Q0.0 通电, 接着 Q0.1 通电, 完成第 1 次扫描, 进入第 2 次扫描后, 线圈 Q0.0 因动断触点 Q0.1 断开而断电, 而 Q0.1 通电。

图 1-1-12 (b) 所示的控制图中, 如果是继电器控制线路, 线圈 Q0.0 与线圈 Q0.1 首先均通电, 然后 Q0.1 断电; 如果为梯形图控制线路, 则触头 I0.0 接通, 所以线圈 Q0.1 通电, 然后进行第 2 次扫描, 结果因为动断触点 Q0.1 断开, 所以线圈 Q0.0 始终不能通电。

三、PLC 的分类

1. 按点数和功能分类

一般将一路信号叫做一个点, 将输入点数和输出点数的总和称为机器的点数, 简称 I/O 点数。一般来讲, 点数多的 PLC, 功能也越强。按照点数的多少, 可将 PLC 分为超小(微)、小、中、大四种类型。

(1) 超小型机: I/O 点数在 64 点以内, 内存容量为 256~1000 字节。

(2) 小型机: I/O 点数为 64~256, 内存容量为 1KB~3.6KB。

小型及超小型 PLC 主要用于小型设备的开关量控制, 具有逻辑运算、定时、计数、顺序控制、通信等功能。

(3) 中型机: I/O 点数为 256~1024, 内存容量为 3.6KB~13KB。

中型 PLC 除具有小型、超小型 PLC 的功能外, 还增加了数据处理能力, 适用于小规模的综合控制系统。

(4) 大型机: I/O 点数为 1024 以上, 内存容量为 13KB 以上。

2. 按结构形式分类

PLC 按硬件结构形式进行划分, 分为整体式结构和模块式结构。

(1) 整体式结构。

一般的小型及超小型 PLC 多为整体式结构, 这种可编程序控制器是把 CPU、RAM、ROM、I/O 接口及与编程器或 EPROM 写入器相连的接口、输入/输出端子、电源、指示灯等都装配在一起的整体装置。西门子公司的 S7-200 系列 PLC 为整体式结构, 如图 1-1-13 所示。

(2) 模块式结构。

模块式结构又叫积木式结构, 这种结构形式的特点是把 PLC 的每个工作单元都制成独

立的模块，如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块、通信模块等。常见的产品有欧姆龙公司的 C200H、C1000H、C2000H 和西门子公司的 S7-115U、S7-300、S7-400 系列等，如图 1-1-14 所示。



图 1-1-13 整体式 PLC



图 1-1-14 模块式 PLC

3. 按生产厂家分类

PLC 的生产厂家很多，国内国外都有，其点数、容量、功能各有差异，但都自成系列，比较影响的有：日本欧姆龙（OMRON）公司的 C 系列可编程序控制器；日本三菱（MITSUBISHI）公司的 F、F1、F2、FX2 系列可编程序控制器；日本松下（PANASONIC）电工公司的 FP1 系列可编程序控制器；美国通用电气（GE）公司的 GE 系列可编程序控制器；美国艾伦-布拉德利（A-B）公司的 PLC-5 系列可编程序控制器；德国西门子（SIEMENS）公司的 S5、S7 系列可编程序控制器。

四、S7-200 系列 PLC 的外部结构

1. 各部件的作用

西门子 S7-200 系列 PLC 的外部结构实物图如图 1-1-15 所示。

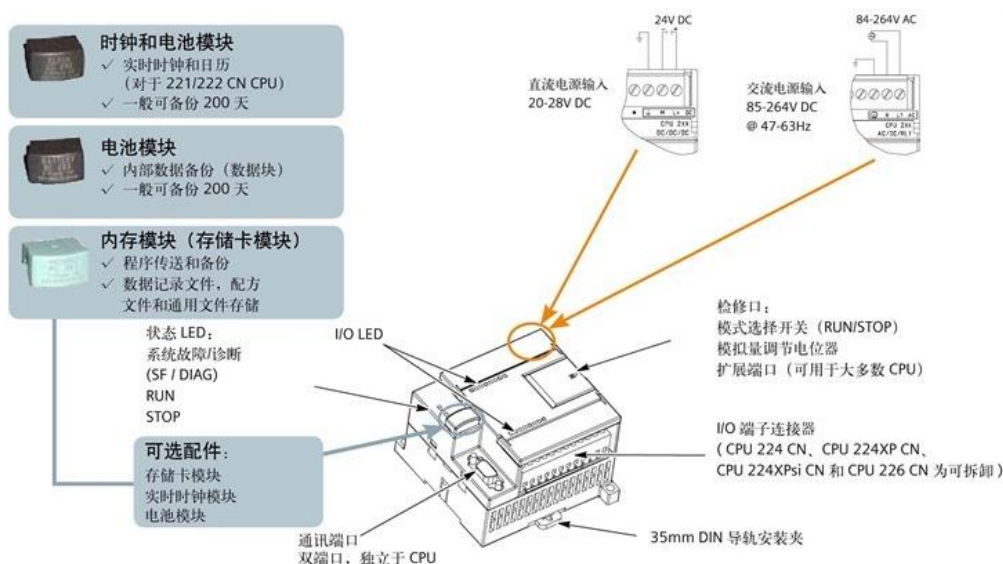


图 1-1-15 西门子 S7-200 系列 PLC 外部结构实物图

(1) 输入接线端子。输入接线端子用于连接外部控制信号（按钮、开关、传感器等信号）。在底部端子盖下是输入接线端子和为传感器及输入信号提供的 24V 直流电源。

(2) 输出接线端子。输出接线端子用于连接被控设备（电动机、接触器、继电器及电磁铁等）。在顶部端子盖下是输出接线端子和 PLC 的工作电源。

(3) CPU 状态指示灯。CPU 状态指示灯有 SF、STOP、RUN 三个，作用如下：

- SF：系统故障，严重的出错或硬件故障。
- STOP：停止状态，不执行用户程序，可以通过编程装置向 PLC 装载程序或对系统进行设置。
- RUN：运行状态，执行用户程序。

(4) 输入状态指示。输入状态指示用于显示是否有控制信号（如控制按钮、开关及传感器等数字量信息）接入 PLC。

(5) 输出状态指示。输出状态指示用于显示 PLC 是否有信号输出到执行设备（如电动机、接触器、继电器及电磁铁等）。

(6) 扩展接口。通过扁平电缆线连接数字量 I/O 扩展模块、模拟量 I/O 扩展模块、热电偶模块和通信模块等，如图 1-1-16 所示。

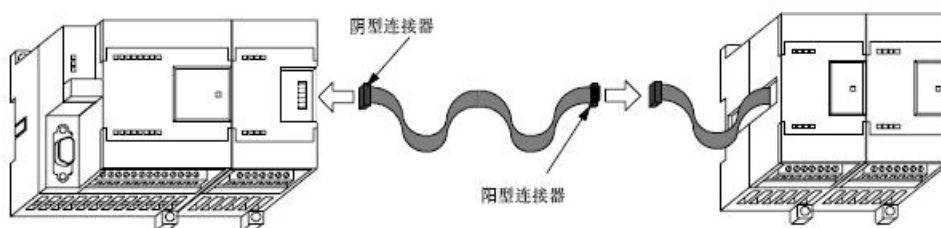


图 1-1-16 S7-200 系列 PLC 扩展连接示意图

(7) 通信端口。通信端口支持 PPI、MPI 通信协议，有自由口通信能力，用以连接编程器、计算机、文本显示器以及 PLC 网络外设，如图 1-1-17 所示。

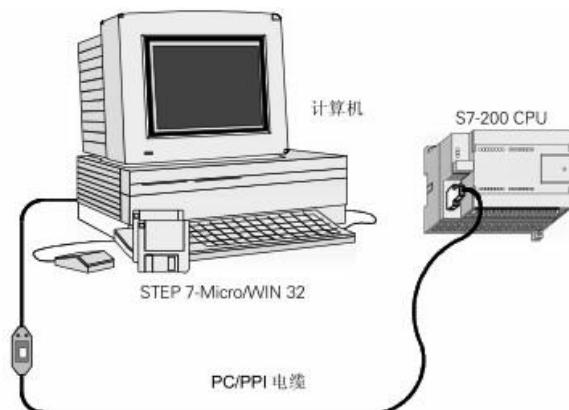


图 1-1-17 个人计算机与 S7-200 的连接示意图

(8) 模拟电位器。模拟电位器用来改变特殊寄存器（SMB28、SMB29）中的数值以改变程序运行时的参数，如定时器和计数器的预设值、过程量的控制参数等。

2. 输入输出接线图

I/O 接口电路是 PLC 与被控对象间传递输入输出信号的接口部件。各输入/输出点的通/断状态用发光二极管显示，外部接线一般接在 PLC 的接线端子上。

S7-200 系列 CPU22x 主机的输入回路为直流双向光耦合输入电路，输出有继电器和晶体管两种类型。如 CPU226 PLC 是 CPU226AC/DC/继电器型，其含义为交流输入电源，提供 24V 直流给外部元件（如传感器等），继电器方式输出、24 点输入、16 点输出。

(1) 输入接线。

CPU226 的主机共有 24 个输入点（I0.0~I0.7、I1.0~I1.7、I2.0~I2.7）和 16 个输出点（Q0.0~Q0.7、Q1.0~Q1.7）。输入电路接线示意图如图 1-1-18 所示。系统设置 1M 为输入端子 I0.0~I0.7、I1.0~I1.4 的公共端，2M 为输入端子 I1.5~I1.7、I2.0~I1.7 的公共端。

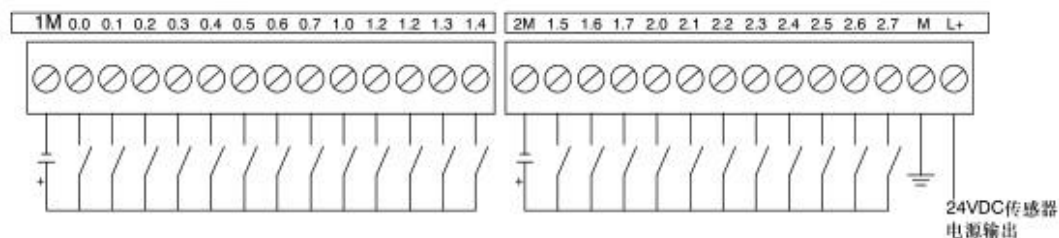


图 1-1-18 CPU226 输入电路接线示意图

(2) 输出接线。

CPU226 的输出电路有晶体管输出电路和继电器输出电路两种供用户选用。在晶体管输出电路中，PLC 由 24V 直流供电，只能用直流电源为负载供电，1L、2L 为公共端，如图

1-1-19 所示；在继电器输出电路中，PLC 由 220V 交流供电，既可以选用直流电源为负载供电，也可以选用交流电源为负载供电，数字量输出分为 3 组，每组的公共端为本组的电源供给端，Q0.0~Q0.3 共用 1L，Q0.4~Q1.0 共用 2L，Q1.1~Q1.7 共用 3L，各组之间可接入不同电压等级、不同电压性质的负载电源，如图 1-1-20 所示。

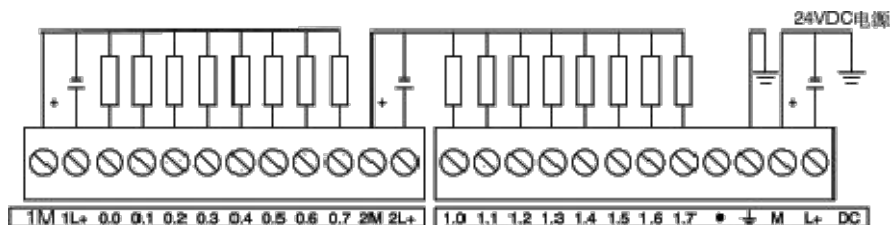


图 1-1-19 CPU226 晶体管输出电路接线示意图

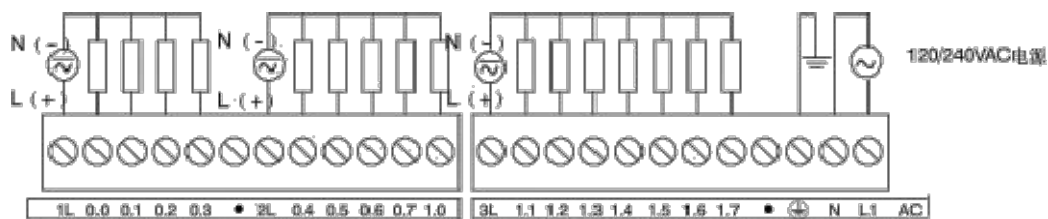


图 1-1-20 CPU226 继电器输出电路接线示意图

五、PLC 数字量输入/输出映像寄存器

1. 输入映像寄存器 I

输入映像寄存器专门接收从外部敏感元件或开关元件发来的信号，与 PLC 的输入端相连，且一一对应。其状态在每次扫描周期开始时接受采样，采样状态写入输入映像寄存器中，程序执行从输入映像寄存器中取得数值，在扫描过程中不受输入状态的改变，同时不能驱动负载。

地址格式：位地址 Ix.y，例如 I0.0；字节、字、双字地址格式 ATx，例如 IB4、IW4、ID4。

地址范围：与 CPU 的型号有关。CPU226 为 I0.0~I15.7，主机与扩展模块可以扩展到此范围。

2. 输出映像寄存器 Q

输出映像寄存器控制驱动负载，并且每个与输出端子相连且一一对应。CPU 将结果存放在输出映像寄存器中，在扫描结束时以批处理的方式传送到输出端子。

地址格式：位地址 Ax.y，例如 Q0.0；字节、字、双字地址格式 ATx，例如 QB4、QW4、QD4。

地址范围：与 CPU 的型号有关。CPU226 为 Q0.0~Q15.7，主机与扩展模块可以扩展到此范围。

- (1) S7-200 CPU 有一定数量的本机 I/O, 本机 I/O 有固定的地址。
- (2) 数字量 I/O 点的编址以字节 (8 位) 为单位, 采用存储器区域标识符 (I 或 Q)、字节号、位号的组成形式, 在字节号和位号之间以点分隔。
- (3) 数字量扩展模块是以一个字节 (8 位) 递增的方式来分配地址的, 若本模块实际位数不满 8 位, 未用位不能分配给 I/O 链的后续模块。
- (4) 模拟量 I/O 点的编址是以字 (16 位) 为单位, 在读/写模拟量信息时, 模拟量 I/O 以字为单位读/写。
- (5) 模拟量扩展模块是以 2 个端口 (4 字节) 递增的方式来分配地址的。
- S7-200 PLC 扩展地址分配以 CPU224 为例, 如图 1-1-21 和表 1-1-1 所示。



图 1-1-21 CPU224 及扩展的 I/O 地址分配

表 1-1-1 CPU224 及扩展的 I/O 地址分配

主机	模块 1	模块 2	模块 3	模块 4
CPU224	8IN	4IN/4OUT	4AI/1AQ	4AI/1AQ
I0.0 Q0.0	I2.0	I3.0 Q2.0	AIW0 AQW0	AIW8 AQW4
I0.1 Q0.1	I2.1	I3.1 Q2.1	AIW2	AIW10
I0.2 Q0.2	I2.2	I3.2 Q2.2	AIW4	AIW12
I0.3 Q0.3	I2.3	I3.3 Q2.3	AIW6	AIW14
I0.4 Q0.4	I2.4			
I0.5 Q0.5	I2.5			
I0.6 Q0.6	I2.6			
I0.7 Q0.7	I2.7			
I1.0 Q1.0				
I1.1 Q1.1				
I1.2				
I1.3				
I1.4				
I1.5				

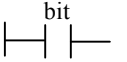
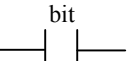
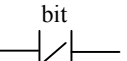
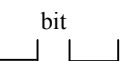
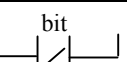
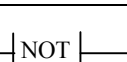
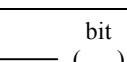
六、PLC 基本指令的应用

标准触点指令主要有 LD、LDN、A、AN、O、ON、NOT、=, 如表 1-1-2 所示。

指令格式: [操作码] [操作数]

例如: LD I0.3

表 1-1-2 基本指令及说明

指令	格式		说明
	操作码	操作数	
	LD	bit	装载指令，从左母线开始的第一个动合触点
	LDN	bit	装载指令，从左母线开始的第一个动断触点
	A	bit	串联指令，串联动合触点
	AN	bit	串联指令，串联动断触点
	O	bit	并联指令，并联动合触点
	ON	bit	并联指令，并联动断触点
	NOT	无	取反指令，对该指令前面的逻辑结果取反
	=	bit	线圈驱动指令，当能流进入线圈时线圈对应的操作数 bit 置“1”

- 说明：
- (1) LD、LDN 与左母线相连，与 OLD、ALD 配合使用分支回路的开头。
 - (2) =指令用于输出继电器、内部标志位存储器、定时器、计数器等，不能用于输入继电器 I，线圈和输出类指令应放在梯形图的最右边。
 - (3) 对应的触点可以使用无数次。
 - (4) 操作数为 I、Q、M、SM、T、C、V、S。

应用举例：标准触点指令的应用参见图 1-1-22 所示的梯形图程序和对应的语句表程序。

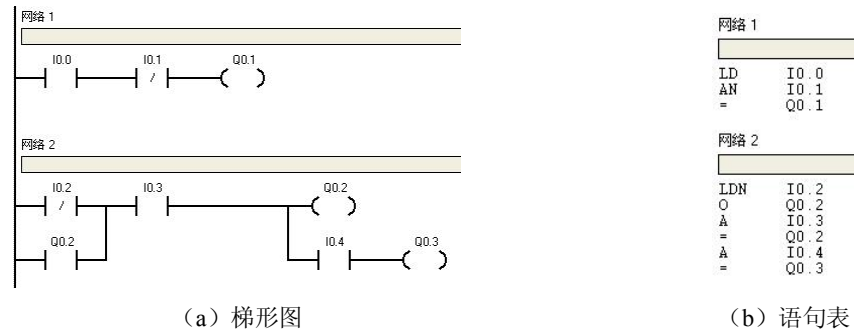


图 1-1-22 标准触点指令梯形图和语句表程序

由于梯形图形象直观，适合初学者和广大工程技术人员采用；而语句表抽象难懂，但

书写方便、容易保存、可以添加注解，常为比较熟悉指令的高级用户所采用。

【任务分析】

1. 任务要求

工作台由电动机控制，电动机正转时工作台前进；前进（向右）到 B 点碰到位置开关 SQ2，电动机反转工作台后退（向左）到 A 处碰到位置开关 SQ1，电动机正转，工作台又前进到 B 点又后退，如此自动循环，实现工作台在 A、B 两处自动往返，如图 1-1-23 所示。

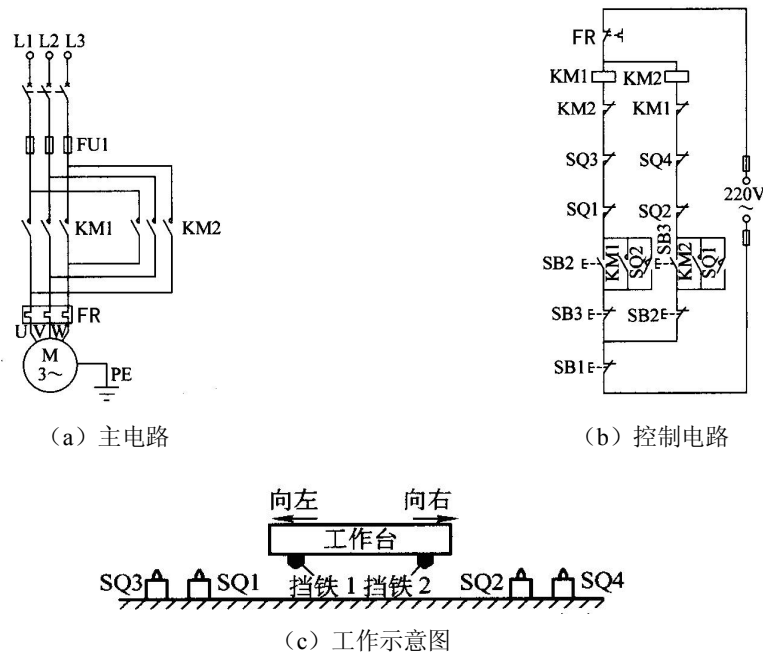


图 1-1-23 工作台自动往返示意图

2. PLC 选型

德国西门子 S7-200 CPU226 可编程序控制器。

3. 输入/输出分配

输入/输出信号与 PLC 地址分配表如表 1-1-3 所示。

表 1-1-3 工作台自动往返 PLC 控制的地址分配表

输入信号			输出信号		
名称	功能	编号	名称	功能	编号
SB2	前进	I0.0	KM1	前进	Q0.0
SB3	后退	I0.1	KM2	后退	Q0.1
SB1	停止	I0.2			
FR	过载	I0.3			
SQ2	A 位置开关	I0.4			

续表

输入信号			输出信号		
名称	功能	编号	名称	功能	编号
SQ4	A 限位开关	I0.5			
SQ1	B 位置开关	I0.6			
SQ3	B 限位开关	I0.7			

【任务实施】

1. 器材准备

完成本任务的实训安装、调试所需器材如表 1-1-4 所示。

表 1-1-4 工作台自动往返 PLC 控制系统实训器材一览表

器材名称	数量
PLC 基本单元 CPU226	1 个
计算机	1 台
工作台自动往返模拟装置	1 个
导线	若干
交、直流电源	1 套
电工工具及仪表	1 套

2. 硬件接线

控制主电路如图 1-1-24 所示，工作台自动往返 PLC 控制系统 I/O 接线图如图 1-1-25 所示。

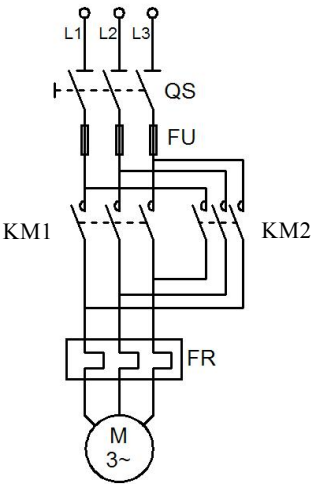


图 1-1-24 控制主电路

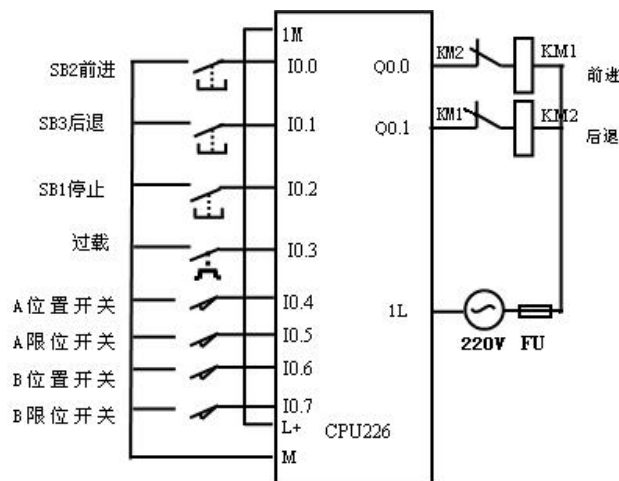


图 1-1-25 工作台自动往返 PLC 控制的 I/O 接线图

3. 编写 PLC 控制程序

根据工作台自动往返控制要求，运用 PLC 的自锁和互锁功能便可以实现软件编程。工作台自动往返 PLC 控制系统的梯形图和语句表如图 1-1-26 所示。

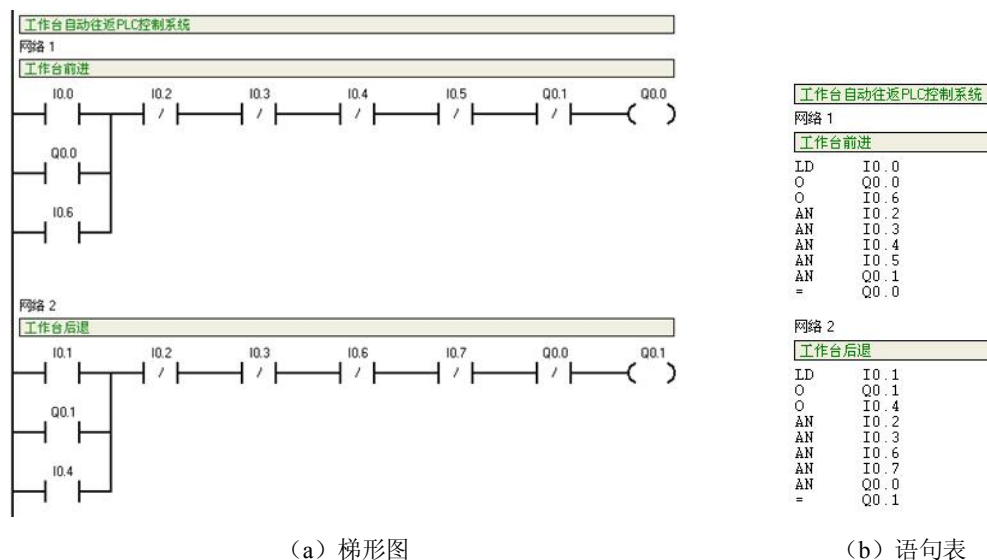


图 1-1-26 工作台自动往返 PLC 控制系统的梯形图和语句表

4. 系统调试

(1) 程序输入。

在计算机上打开 S7-200 编程软件，选择相应 CPU 类型，建立工作台自动往返的 PLC 控制项目，输入编写梯形图或语句表程序。

(2) 模拟调试。

将输入完成的程序编译后导出为 awl 格式文本文件，在 S7-200 仿真软件中打开。按下

输入控制按钮, 观察程序仿真结果。如与任务要求不符, 则结束仿真, 对编程软件中的程序进行分析修改, 再重新导出文件, 经仿真软件进一步调试, 直到仿真结果符合任务要求。

(3) 系统安装。

系统安装可在硬件设计完成后进行, 可与软件、模拟调试同时进行。系统安装只需按照安装接线图进行即可。注意输入输出回路电源接入。

(4) 系统调试。

确定硬件接线、软件调试结果正确后, 合上 PLC 电源开关和输出回路电源开关, 按下工作台自动往返的起动按钮, 观察 PLC 是否有输出、输出继电器 Q 的变化顺序是否正确。如果结果不符合要求, 观察输入及输出回路是否接线错误。排除故障后重新送电, 起动电动机运转, 再次观察运行结果或者计算机显示监控画面, 直到符合要求为止。

(5) 填写任务报告书。

如实填写任务报告书, 分析设计过程中的经验, 编写设计总结。

【知识拓展】

一、PLC 的产生及定义

1. PLC 的产生

20 世纪 60 年代, 计算机技术已开始应用于工业控制, 但由于计算机技术本身的复杂性、编程难度高、难以适应恶劣的工业环境和价格昂贵等原因, 未能在工业控制中广泛应用。继电器控制在工业控制领域占主导地位, 该控制系统对开关量进行顺序控制。这种采用固定接线的控制系统体积大、耗电多、可靠性不高、通用性和灵活性较差, 因此迫切地需要新型控制装置出现。

当时, 美国的汽车制造业竞争十分激烈, 各生产厂家的汽车型号不断更新, 这也必然要求其加工生产线随之改变, 并对整个控制系统重新配置。1968 年, 美国最大的汽车制造商通用汽车公司为了适应汽车型号的不断翻新, 提出了这样的设想: 把计算机的功能完善、通用灵活等优点与继电器接触器控制简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来, 制成一种通用控制装置, 以取代原有的继电线路; 并要求把计算机的编程方法和程序输入方法加以简化, 用“自然语言”进行编程, 使得不熟悉计算机的人也能方便地使用。

针对上述设想, 通用汽车公司提出了这种新型控制器所必须具备的十大条件“GM10 条”:

- (1) 编程简单, 可在现场修改程序。
- (2) 维护方便, 最好是插件式。
- (3) 可靠性高于继电器控制柜。
- (4) 体积小于继电器控制柜。
- (5) 可将数据直接送入管理计算机。
- (6) 在成本上可与继电器控制柜竞争。

- (7) 输入可以是交流 115V。
- (8) 输出可以是交流 115V, 2A 以上, 可直接驱动电磁阀。
- (9) 在扩展时, 原有系统只要很小的变更。
- (10) 用户程序存储器容量至少能扩展到 4KB。

美国数字设备公司 (DEC) 根据以上设想和要求在 1969 年研制出第一台可编程序控制器 (PLC), 并在通用汽车公司的汽车生产线上使用且获得了成功。这就是第一台 PLC 的产生。当时的 PLC 仅有执行继电器逻辑控制、计时、计数等较少的功能。

2. PLC 的发展

从 PLC 产生至今, 它已经发展到第五代产品。

第一代 PLC (1969~1972): 大多用一位机开发, 用磁芯存储器存储, 只具有单一的逻辑控制功能, 机种单一, 没有形成系列化。

第二代 PLC (1973~1975): 采用 8 位微处理器及半导体存储器, 增加了数字运算、传送、比较等功能, 能实现模拟量的控制, 开始具备自诊断功能, 初步形成系列化。

第三代 PLC (1976~1983): 随着高性能微处理器及位片式 CPU 在 PLC 中的大量使用, PLC 的处理速度大大提高, 从而促使它向多功能及联网通信方向发展, 增加了多种特殊功能, 如浮点数的运算、三角函数、表处理、脉宽调制输出等, 自诊断功能及容错技术发展迅速。

第四代 PLC (1983~1995): 全面使用 8 位、16 位高性能微处理器, 处理速度达到 $1\mu\text{s}/\text{步}$ 。

第五代 PLC (1995 年至今): 使用 16 位和 32 位处理器, 有的使用高性能位片式微处理器、RISC (Reduced Instruction Set Computer) 精简指令系统 CPU 等高级 CPU, 而且在一台 PLC 中配置多个微处理器, 进行多通道处理, 同时生产了大量内含微处理器的智能模块, 使得 PLC 产品成为具有逻辑控制功能、过程控制功能、运动控制功能、数据处理功能、联网通信功能的真正名副其实的多功能控制器。

正是由于 PLC 具有多种功能, 并集三电 (电控装置、电仪装置、电气传动控制装置) 于一体, 使得 PLC 在工厂中备受欢迎, 用量高居首位, 成为现代工业自动化的三大支柱 (PLC、机器人、CAD/CAM) 之一。

3. PLC 的定义

可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 是一种带有指令存储器、数字的或模拟的输入/输出接口, 以位运算为主, 能完成逻辑、顺序、定时、计数和运算等功能, 用于控制机器或生产过程的自动化控制装置。

由于 PLC 的发展, 使其功能已经远远超出了逻辑控制的范围, 因而用 “PLC” 已不能描述其多功能的特点。1980 年, 美国电气制造商协会 (NEMA) 给它起了一个新的名称, 即 Programmable Controller, 简称 PC。由于 PC 这一缩写在我国早已成为个人计算机 (Personal Computer) 的代名词, 为避免造成名词术语混乱, 因此在我国仍沿用 PLC 表示可编程序控制器。

二、PLC 编程设计语言

根据可编程器应用范围，程序设计语言可以组合使用，常用的程序设计语言有：梯形图程序设计语言、语句表程序设计语言、功能块图程序设计语言、顺序功能图程序设计语言和结构化语句描述程序设计语言。

1. 梯形图程序设计语言

梯形图程序设计语言是用梯形图的图形符号来描述程序的一种程序设计语言。这种程序设计语言采用因果关系来描述事件发生的条件和结果，每个梯级是一个因果关系。在梯级中，描述事件发生的条件表示在左面，事件发生的结果表示在右面。梯形图程序设计语言是最常用的一种程序设计语言。

梯形图程序设计语言的特点如下：

- (1) 与电气操作原理图相对应，具有直观性和对应性。
- (2) 与原有继电器逻辑控制技术相一致，对电气技术人员来说易于掌握和学习。
- (3) 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（Power Flow）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，因此应用时需要与原有继电器逻辑控制技术的有关概念区别对待。
- (4) 与语句表程序设计语言有一一对应关系，便于相互间的转换和程序的检查。

2. 语句表程序设计语言

语句表程序设计语言是采用与计算机汇编语言类似的助记符来描述程序的一种程序设计语言，由操作码和操作数组成。

语句表程序设计语言具有以下特点：

- (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) 与梯形图有一一对应关系，在 PLC 编程软件下一般可以相互转换，其特点与梯形图语言基本类似。

3. 功能块图程序设计语言

功能块图程序设计语言采用功能模块来表示模块所具有的功能，不同的功能模块有不同的功能。它有若干个输入端和输出端，通过软连接的方式分别连接到所需的其他端子，完成所需的控制运算或控制功能。功能模块可以分为不同的类型，在同一种类型中，也可能因功能参数的不同而使功能或应用范围有所差别，例如输入端的数量、输入信号的类型等的不同使它的使用范围不同。由于采用软连接的方式进行功能模块之间及功能模块与外部端子的连接，因此控制方案的更改、信号连接的替换等操作可以很方便地实现。

功能模块图程序设计语言的特点如下：

- (1) 以功能模块为单位，从控制功能入手，使控制方案的分析和理解变得容易。
- (2) 功能模块是用图形化的方法描述功能，它的直观性大大方便了设计人员的编程和组态，有较好的易操作性。

(3) 对控制规模较大、控制关系较复杂的系统, 由于控制功能的关系可以比较清楚地表达出来, 因此编程和组态时间可以缩短, 调试时间也能减少。

(4) 由于每种功能模块需要占用一定的程序内存, 对功能模块的执行需要一定的执行时间, 因此这种设计语言在大中型可编程序控制器和集散控制系统的编程与组态中才被采用。

4. 结构化语句描述程序设计语言

结构化语句描述程序设计语言是用结构化的描述语句来描述程序的一种程序设计语言。它是一种类似于高级语言的设计语言。在大中型的 PLC 系统中, 常采用结构化语句描述程序设计语言来描述控制系统中各个变量的关系。它也被用于集散控制系统的编程和组态。

结构化语句描述程序设计语言采用计算机的描述语句来描述系统中各个变量之间的各种运算关系, 完成所需的功能或操作。大多数制造厂商采用的语句描述程序设计语言与 BASIC 语言、PASCAL 语言或 C 语言等高级语言相类似, 但为了应用方便, 在语句的表达方法及语句的种类等方面都进行了简化。

结构化语句描述程序设计语言具有以下特点:

- (1) 采用高级语言进行编程, 可以完成较复杂的控制运算。
- (2) 需要有一定的计算机高级程序设计语言的知识 and 编程技巧, 对编程人员的技能要求较高, 普通电气人员无法完成。
- (3) 直观性和易操作性等性能较差。
- (4) 常被用于采用功能模块等其他语言较难实现的一些控制功能的实施。

部分 PLC 的制造厂商为用户提供了简单的结构化程序设计语言, 它与助记符程序设计语言相似, 对程序的步数有一定的限制。同时, 提供了与 PLC 间的接口或通信连接程序的编制方式, 为用户的应用程序提供了扩展余地。

三、PLC 系统的设计步骤

PLC 系统的设计步骤 (如图 1-1-27 所示) 如下:

- (1) 熟悉控制对象, 确定控制范围。
- (2) 制定控制方案, 选择 PLC 的机型和功能模块。
- (3) 系统硬件设计和软件编程。
- (4) 模拟调试。
- (5) 现场运行调试。
- (6) 编制系统的技术文件。

PLC 控制应用系统的设计内容中还应包含以下三个方面: 可靠性设计、安全性设计和标准化设计。

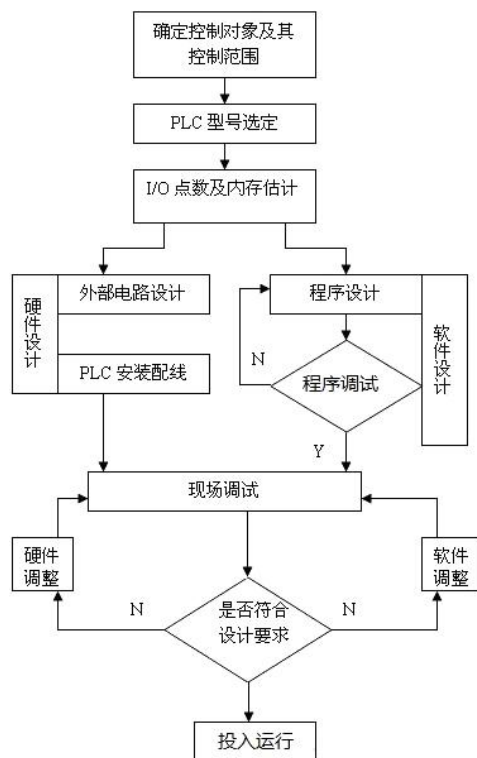


图 1-1-27 PLC 系统的设计步骤

四、STEP 7-Micro/WIN32 软件

1. STEP 7-Micro/WIN32 软件安装

S7-200 系列 PLC 使用 STEP7-Micro/WIN32 编程软件进行编程。STEP7-Micro/WIN32 编程软件是基于 Windows 的应用软件，功能强大，主要用于开发程序，也可用于实时监控用户程序的执行状态。该软件的 4.0 以上版本有包括中文在内的多种语言使用界面可供选择。

（1）系统要求。

操作系统：Windows 95、Windows 98、Windows ME 或 Windows 2000。

硬件配置：IBM 486 以上兼容机，内存 8MB 以上，VGA 显示器，至少 50MB 以上硬盘空间，鼠标。

通信电缆：PC/PPI 电缆（或使用一个通信处理器卡），用于计算机与 PLC 的连接。

（2）硬件连接。

PC/PPI 电缆的两端分别为 RS-232 和 RS-485 接口，RS-232 端连接到个人计算机 RS-232 通信口 COM1 或 COM2 接口上，RS-485 端接到 S7-200 CPU 通信口上。

（3）软件安装。

1) 将存储软件的光盘放入光驱。

2) 双击光盘中的安装程序 SETUP.EXE，选择 English，进入安装向导。

3) 按照安装向导完成软件的安装，然后打开此软件，选择菜单 Tools→Options→General

→Chinese 完成汉化补丁的安装。

(4) 建立通信联系。

设置连接好硬件并且安装完软件后，可以按照下面的步骤进行在线连接。

1) 在 STEP 7-Micro/WIN32 运行时，单击浏览条中的通信图标或者选择“查看 (View)”→“元件”→“通信 (Communications)”命令，会弹出“通信”对话框，如图 1-1-28 所示。



图 1-1-28 “通信”对话框

2) 双击对话框中的刷新图标，STEP 7-Micro/WIN32 编程软件将检查所连接的所有 S7-200 CPU 站，如图 1-1-29 所示。



图 1-1-29 S7-200 CPU 连接站对话框