

模块 1 PLC的认知初步

项目 单灯双开关的多逻辑PLC控制系统



教学目标

◇ 能力目标

1. 能绘制 PLC 硬件接线图并正确接线；
2. 学会对 I/O 端口进行分配；
3. 学会编程软件的基本操作。

◇ 知识目标

1. 了解 PLC 的由来与发展及使用场合；
2. 掌握 PLC 的主要特点、分类方法；
3. 熟悉 PLC 的基本构成和外形特征；
4. 掌握编程软件的基本操作。



项目任务

通过实施该项目认知西门子 S7-200 系列 PLC 的硬件结构，使用编程软件 STEP 7-Micro/WIN 能正确完成 PLC 端子与开关、指示灯接线端子之间的接线操作及 PLC 控制指示灯正确显示。



知识链接

1.1 可编程控制器概述

1.1.1 PLC的由来

在可编程控制器（PLC）问世以前，工业控制领域中是以继电器控制占主导地位的。这种由继电器构成的控制系统的缺点：体积大、耗电多、可靠性差、寿命短、运行速度不高，尤其是对生产工艺多变的系统适应性差，一旦生产任务和工艺发生变化，就必须重新设计，



并改变硬件结构,造成了时间和资金的严重浪费。

1968 年,美国通用汽车公司(GM 公司)为了在每次汽车改型或改变工艺流程时不改动原有继电器柜内的接线,以便降低生产成本,缩短新产品的开发周期,提出要研制新型逻辑顺序控制装置,并提出了该装置的研制指标要求,即 10 项招标技术指标,这 10 项指标实际上就是当今可编程控制器最基本的功能。将它们归纳一下,其核心为以下 4 点:

- (1) 用计算机代替继电器控制盘。
- (2) 用程序代替硬件接线。
- (3) 输入/输出电平可与外部装置直接连接。
- (4) 结构易于扩展。

美国数字设备公司(DEC)中标并于 1969 年研制出了世界上第一台可编程控制器,应用于通用汽车公司的生产线上。当时叫可编程逻辑控制器 PLC(Programmable Logic Controller),目的是用来取代继电器,以执行逻辑判断、计时、计数等顺序控制功能。紧接着,美国 MODICON 公司也开发出同名的控制器,1971 年,日本从美国引进了这项新技术,很快研制出了日本第一台可编程控制器。1973 年,西欧国家也研制出他们的第一台可编程控制器。

1.1.2 可编程控制器的定义、分类及特点

1. 可编程控制器的定义

由于 PLC 在不断发展,因此,对它进行确切的定义是比较困难的。1982 年,国际电工委员会(International Electrical Committee, IEC)颁布了 PLC 标准草案,1985 年提交了第 2 版,并在 1987 年的第 3 版中对 PLC 做了如下的定义:PLC 是一种专门为在工业环境下应用而设计的进行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、定时、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按照易于与工业控制系统形成一个整体和易于扩展其功能的原则而设计。

上述的定义表明,PLC 是一种能直接应用于工业环境的数字电子装置,是以微处理器为基础,结合计算机技术、自动控制技术和通信技术,用面向控制过程、面向用户的“自然语言”编程的一种简单易懂、操作方便、可靠性高的新一代通用工业控制装置。

2. 可编程控制器的分类

1) PLC 硬件结构的类型

可编程控制器发展很快,目前,全世界有几百家工厂正在生产几千种不同型号的 PLC。为了便于在工业现场安装,便于扩展,方便接线,其结构与普通计算机有很大区别。通常从组成结构形式上将这些 PLC 分为两类:一类是一体化整体式 PLC,另一类是结构化模块式 PLC。

(1) 整体式结构。从结构上看,早期的可编程控制器是把 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。一个箱体就是一个完整的 PLC。它的特点是结构紧凑、体积小、成本低、安装方便,缺点是输入/输出点数是固定的,不一定能适合具体的控制现场的需要。这类产品有 OMRON 公司的 C20P、C40P、C60P,三菱公司的 FX 系列,西门子公司的 S7-200 系列,东芝公司的 EX20/40 系列等。



(2) 模块式结构。模块式结构又叫积木式。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。另外,机器上有一块带有插槽的母板,实质上就是计算机总线。把这些模块按控制系统需要选取后,都插到母板上,就构成了一个完整的 PLC。这种结构的 PLC 的特点是系统构成非常灵活,安装、扩展、维修都很方便,缺点是体积比较大。常见产品有 OMRON 公司的 C200H、C1000H、C2000H,西门子公司的 S5-115U、S7-200、S7-300、S7-400 系列等。

2) PLC 的分类

为了适应不同工业生产过程的应用要求,可编程控制器能够处理的输入/输出信号数是不一样的。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。按照 I/O 点数的多少,可将 PLC 分为超小(微)、小、中、大、超大 5 种类型,如表 1-1 所示。

表 1-1 按 I/O 点数分类

分 类	超小型	小型	中型	大型	超大型
I/O 点数	64 点以下	64~128 点	128~512 点	512~8192 点	8192 点以上

按功能分类可分为低档机、中档机、高档机,如表 1-2 所示。

表 1-2 按功能分类

分 类	主 要 功 能	应 用 场 合
低档机	具有逻辑运算、定时、计数、移位、按功能自诊断、监控等基本功能,有的还具备 AI/AO、数据传送、运算、通信等功能	开关量控制、顺序控制、定时/计数控制、少量模拟量控制等
中档机	除上述低档机的功能外,还有数制转换、子程序调用、通信联网功能,有的还具备中断控制、PID 回路控制等功能	过程控制、位置控制等
高档机	除上述中档机的功能外,还有较强的数据处理、模拟量调节、函数运算、监控、智能控制等功能	大规模过程控制系统,构成分布式控制系统,实现全局自动化网络

3. 可编程控制器的特点

PLC 能如此迅速发展的原因,除了工业自动化的客观需要外,还有许多独特的优点。它较好地解决了工业控制领域中普遍关心的可靠、安全、灵活、方便、经济等问题。其主要特点如下。

(1) 编程方法简单易学。梯形图是可编程控制器使用最多的编程语言,其电路符号和表达方式与继电器电路原理图相似。梯形图语言形象直观,易学易懂,熟悉继电器电路图的电气技术人员只要花几天时间就可以熟悉梯形图语言,并用来编制用户程序。梯形图语言实际上是一种面向用户的高级语言,可编程控制器在执行梯形图程序时,应先用解释程序将它“翻译”成汇编语言后再去执行。

(2) 功能强,性价比高。一台小型可编程控制器内有成百上千个可供用户使用的编程元件,可以实现非常复杂的控制功能。与相同功能的继电器系统相比,它具有很高的性能价格比。可编程控制器可以通过通信联网实现分散控制与集中管理。

(3) 硬件配套齐全,用户使用方便,适应性强。可编程控制器产品已经标准化、系列化、模块化,配备品种齐全的各种硬件装置供用户选用,用户能灵活方便地进行系统配置,组成不同功能、不同规模的系统。可编程控制器的安装接线也很方便,一般用接线端子连接外部



接线。可编程控制器有较强的带负载能力,可以直接驱动一般的电磁阀和交流接触器。硬件配置确定后,可以通过修改用户程序,方便快速地适应工艺条件的变化。

(4) 可靠性高,抗干扰能力强。传统的继电器控制系统中使用了大量的中间继电器、时间继电器。由于触点接触不良,容易出现故障。可编程控制器用软件代替大量的中间继电器和时间继电器,仅剩下与输入和输出有关的少量硬件,接线可减少到继电器控制系统的 $1/10 \sim 1/100$,因触点接触不良造成的故障大为减少。可编程控制器采取了一系列硬件和软件抗干扰措施,具有很强的抗干扰能力,平均无故障时间达到数万小时以上,可以直接用于有强烈干扰的工业生产现场。可编程控制器已被广大用户公认为是最可靠的工业控制设备之一。

(5) 系统的设计、安装、调试工作量少。可编程控制器用软件功能取代了继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件,使控制柜的设计、安装、接线工作量大大减少。

可编程控制器的梯形图程序一般采用顺序控制设计法。这种编程方法很有规律,容易掌握。对于复杂的控制系统,梯形图的设计时间比继电器系统电路图的设计时间要少得多。

(6) 维修工作量小,维修方便。可编程控制器的故障率很低,且有完善的自诊断和显示功能。可编程控制器或外部的输入装置和执行机构发生故障时,可以根据可编程控制器上的发光二极管或编程器提供的信息迅速地查明产生故障的原因,用更换模块的方法迅速地排除故障。

(7) 体积小,能耗低。对于复杂的控制系统,使用可编程控制器后,可以减少大量的中间继电器和时间继电器,小型可编程控制器的体积仅相当于几个继电器的大小,因此可将开关柜的体积缩小到原来的 $1/10 \sim 1/2$ 。

可编程控制器的配线比继电器控制系统的配线少得多,故可以省下大量的配线和附件,减少大量的安装接线工时,加上开关柜体积的缩小,可以节省大量的费用。

1.1.3 可编程控制器的功能和应用

1. 开关逻辑和顺序控制

这是 PLC 应用最广泛、最基本的场合。它的主要功能是完成开关逻辑运算和进行顺序逻辑控制,从而可以实现各种简单或十分复杂的控制要求。

2. 模拟控制

在工业生产过程中,许多需要进行连续变化控制的物理量,如温度、压力、流量、液位等,这些都属于模拟量。为了实现工业领域对模拟量控制的广泛要求,目前大部分 PLC 产品都具备处理这类模拟量的功能。特别是当系统中模拟量控制点数不多,同时混有较多的开关量时,PLC 具有其他控制装置所无法比拟的优势。另外,某些 PLC 产品还提供了典型控制策略模块,如 PID 模块,从而可实现对系统的 PID 等反馈或其他模拟量的控制运算。

3. 定时控制

PLC 具有很强的定时、计数功能,它可以为用户提供数十甚至上百个定时器与计数器。对于定时器,其定时间隔可以由用户加以设定。对于计数器,如果需要对频率较高的信号进行计数,则可以选择高速计数器。



4. 数据处理

新型 PLC 都具有数据处理的能力,它不仅能进行算术运算、数据传送,而且还能进行数据比较、数据转换、数据显示打印等,有些 PLC 还可以进行浮点运算和函数运算。

5. 信号联锁系统

信号联锁是安全生产所必需的。在信号联锁系统中,采用高可靠性的 PLC 是安全生产的要求。对安全要求高的系统还可采用多重的检出元件和联锁系统,而对其中的逻辑运算等,可采用冗余的 PLC 实现。

6. 通信联网

把 PLC 作为下位机,与上位机或同级的可编程控制器进行通信,可完成数据的处理和信息的交换,实现对整个生产过程的信息控制和管理,因此 PLC 是实现工厂自动化的理想工业控制器。

1.1.4 可编程控制器的发展趋势

1. 增强网络通信功能

PLC 具有计算机集散控制系统(DCS)的功能。网络化和增强通信能力是 PLC 的一个重要发展趋势。

2. 发展智能模块

智能模块是以微处理器为基础的功能部件,其 CPU 和 PLC 的 CPU 并行工作,占用 PLC 的机时很少,有利于提高 PLC 扫描速度和特殊控制要求。这些不断出现的新智能 I/O 模块,使 PLC 在实时精度、分辨率、人机对话等方面得到进一步的改善和提高。

3. 外部诊断功能

在 PLC 控制系统中,80%的故障发生在外围,能快速准确地诊断故障将极大地减少维护时间。因此研制了智能可编程 I/O 系统,开发了故障诊断程序并发展了公共回路远距离诊断和网络诊断技术,供用户了解 I/O 组件状态和监测系统的故障。

4. 编程语言、编程工具标准化、高级化

随着 PLC 功能的增强,梯形图语言的一统局面将被打破,而符合 IEC 1131 标准的顺序功能图(SFC)标准化语言、高级语言将会更多地得到应用。高级语言更有利于通信、运算、打印和报表等。

手持式编程器也为计算机所取代,并将会出现通用的、功能更强的组态软件,以进一步改善开发环境,提高开发效率。

5. 软件、硬件的标准化

PLC 的各生产厂商在硬件和软件系统设计中互不兼容,差异很大,这给 PLC 的进一步发



展带来了诸多不便。国际电工委员会 (IEC) 对 PLC 未来的发展制定出了一个方向或框架, 并先后颁布了 IEC1131-1~IEC1131-5 五项 PLC 标准, 包括一般信息、设备特性与测试、编程语言、用户导则、制造信息规范伴随标准等。

6. 组态软件的迅速发展

个人计算机具有很强的数字运算、数据处理、通信和人机交互的功能, 使很多 PLC 生产厂商推出了在计算机上运行的可实现 PLC 功能的软件包。这些组态软件使编程更加简单, 极大地方便了 PLC 控制系统的开发和使用。

1.1.5 PLC 的组成与基本结构

世界各国生产的可编程控制器外观各异, 但作为工业控制计算机, 其硬件系统都大体相同, 主要由中央处理器模块、存储器模块、输入/输出模块、编程器和电源等几部分构成, 如图 1-1 所示。

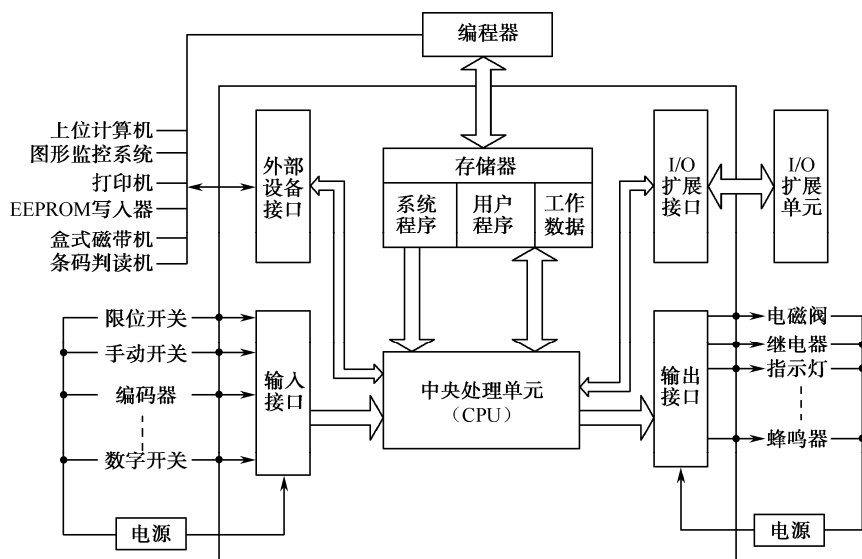


图 1-1 PLC 系统结构

1. 中央处理器 (CPU)

CPU 是 PLC 的核心部件, 主要用来运行用户程序、监控输入/输出接口状态及进行逻辑判断和数据处理。CPU 用扫描的方式读取输入装置的状态或数据, 从内存逐条读取用户程序, 通过解释后按指令的规定产生控制信号, 然后分时、分渠道地执行数据的存取、传送、比较和变换等处理过程, 完成用户程序所设计的逻辑或算术运算任务, 并根据运算结果控制输出设备响应外部设备的请求及进行各种内部诊断。

2. 存储器

可编程控制器的存储器由只读存储器 ROM、随机存储器 RAM 和可电擦写的存储器 EEPROM 三大部分构成, 主要用于存放系统程序、用户程序及工作数据。



只读存储器 ROM 用来存放系统程序, 可编程控制器在生产过程中将系统程序固化在 ROM 中, 用户是不可改变的。用户程序和中间运算数据存放在随机存储器 RAM 中, RAM 存储器是一种高密度、低功耗、价格便宜的半导体存储器, 可用锂电池做备用电源。它存储的内容是易失的, 掉电后内容丢失; 当系统掉电时, 用户程序可以保存在只读存储器 EEPROM 或由高能电池支持的 RAM 中。EEPROM 兼有 ROM 的非易失性和 RAM 的随机存取优点, 用来存放需要长期保存的重要数据。

3. 电源

PLC 的电源是指为 CPU、存储器和 I/O 接口等内部电子电路工作所配备的直流开关电源。电源的交流输入端一般都有脉冲吸收电路, 交流输入电压范围一般都比较宽, 抗干扰能力比较强。电源的直流输出电压多为直流 5V 和直流 24V。直流 5V 电源供 PLC 内部使用, 直流 24V 电源除供内部使用外还可以供输入/输出单元和各种传感器使用。

4. 输入/输出接口单元

输入/输出接口单元即 I/O 单元(输入/输出接口电路)。PLC 内部输入电路的作用是将 PLC 外部电路(如行程开关、按钮、传感器等)提供的符合 PLC 输入电路要求的电压信号, 通过光电耦合电路送至 PLC 内部电路。输入电路有直流输入电路、交流输入电路和交直流输入电路。输入电路通常以光电隔离和阻容滤波的方式提高抗干扰能力, 输入响应时间一般在 0.1~15ms。根据输入信号形式的不同, 可分为模拟量 I/O 单元、数字量 I/O 单元两大类。根据输入单元形式的不同, 可分为基本 I/O 单元、扩展 I/O 单元两大类。PLC 内部输出电路的作用是将输出映像寄存器的结果通过输出接口电路驱动外部的负载(如接触器线圈、电磁阀、指示灯等), 输出电路还具有隔离 PLC 内部电路和外部执行元件的作用, 以及功率放大的作用。输出电路有晶体管输出型、可控硅输出型和继电器输出型 3 种。功能模块是一些智能化的输入/输出电路, 如温度检测模块、位置检测模块、位置控制模块和 PID 控制模块等。

1) 输入接口电路

由于生产过程中使用的各种开关、按钮、传感器等输入器件直接接到 PLC 输入接口电路上, 为防止由于触点抖动或干扰脉冲引起错误的输入信号, 输入接口电路必须有很强的抗干扰能力。以直流输入电路为例, 如图 1-2 所示, 输入接口电路提高抗干扰能力的方法主要有利用光耦合器提高抗干扰能力和利用滤波电路提高抗干扰能力。

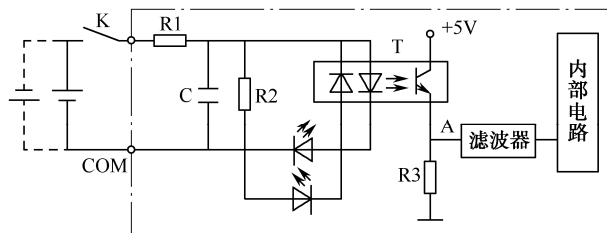


图 1-2 直流输入电路

2) 输出接口电路

根据驱动负载元件不同可将输出接口电路分以下为 3 种。

(1) 小型继电器输出形式, 如图 1-3 所示。这种输出形式既可驱动交流负载, 又可驱动



直流负载。驱动负载的能力在 2A 左右。它的优点是适用电压范围比较宽，导通压降小，承受瞬时过电压和过电流的能力强；缺点是动作速度较慢，动作次数（寿命）有一定的限制。建议在输出量变化不频繁时优先选用，不能用于高速脉冲的输出。图 1-3 所示电路工作原理：当内部电路的状态为 1 时，继电器 KM 的线圈通电，产生电磁吸力，触点闭合，则负载得电，同时点亮 LED，表示该路输出点有输出。当内部电路的状态为 0 时，继电器 KM 的线圈无电流，触点断开，则负载断电，同时 LED 熄灭，表示该路输出点无输出。

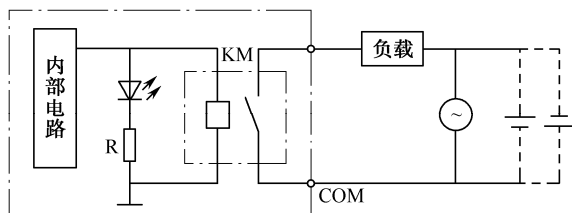


图 1-3 小型继电器输出形式电路

(2) 大功率晶体管输出形式，如图 1-4 所示。这种输出形式只可驱动直流负载。驱动负载的能力：每一个输出点为零点几安培。它的优点是可靠性强，执行速度快，寿命长；缺点是过载能力差。其适合在直流供电、输出量变化快的场合选用。图 1-4 所示电路工作原理：当内部电路的状态为 1 时，光耦合器 T1 导通，使大功率晶体管 VT 饱和导通，则负载得电，同时点亮 LED，表示该路输出点有输出。当内部电路的状态为 0 时，光耦合器 T1 断开，大功率晶体管 VT 截止，则负载失电，LED 熄灭，表示该路输出点无输出。VD 为保护二极管，可防止负载电压极性接反或高电压、交流电压损坏晶体管。FU 的作用是防止负载短路时损坏 PLC。当负载为电感性负载、VT 关断时会产生较高的反电势，所以必须给负载并联续流二极管，为其提供放电回路，避免 VT 承受过电压。

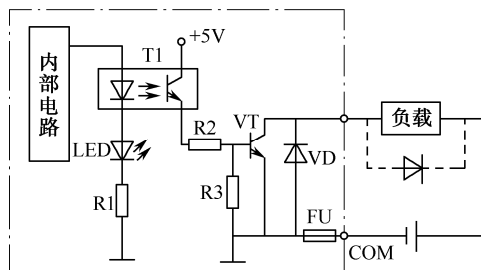


图 1-4 大功率晶体管输出形式电路

(3) 双向晶闸管输出形式，如图 1-5 所示。这种输出形式适合驱动交流负载。由于双向可控硅和大功率晶体管同属于半导体材料元件，所以优缺点与大功率晶体管或场效应管输出形式的相似，适合在交流供电、输出量变化快的场合选用。图 1-5 所示电路工作原理：当内部电路的状态为 1 时，发光二极管导通发光，相当于双向晶闸管施加了触发信号，无论外接电源极性如何，双向晶闸管 T 均导通，负载得电，同时输出指示灯 LED 点亮，表示该输出点接通；当对应 T 的内部继电器的状态为 0 时，双向晶闸管没有施加触发信号，双向晶闸管关断，此时 LED 不亮，负载失电。这种输出接口电路驱动负载的能力为 1A 左右。

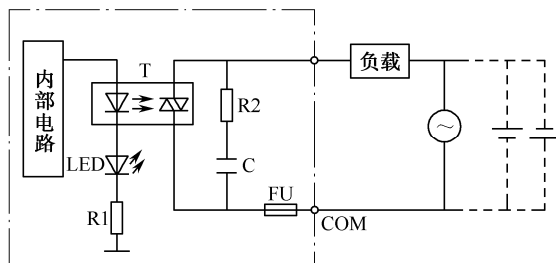


图 1-5 双向可控硅输出形式电路

3) I/O 电路的常见问题

(1) 用三极管等有源元件作为无触点开关的输出设备, 与 PLC 输入单元连接时, 由于三极管自身有漏电流存在, 或者电路不能保证三极管可靠截止而处于放大状态, 使得即使在截止时, 仍会有一个小漏电流流过, 当该电流值大于 1.3mA 时, 就可能引起 PLC 输入电路发生误动作。可在 PLC 输入端并联一个旁路电阻来分流, 使流入 PLC 的电流小于 1.3mA 。

(2) 应在输出回路串联熔断器, 避免负载电流过大, 损坏输出元件或电路板。

(3) 由于晶体管、双向晶闸管型输出端子漏电流和残余电压的存在, 当驱动不同类型的负载时, 需要考虑电平匹配和误动等问题。

(4) 感性负载断电时产生很高的反电势, 对输出单元电路产生冲击, 对于大电感或频繁关断的感性负载应使用外部抑制电路, 一般采用阻容吸收电路或二极管吸收电路。

5. 外部设备接口

外部设备接口电路用于连接编程器或其他图形编程器、文本显示器、触摸屏、变频器等通过外设接口组成 PLC 的控制网络。PLC 通过 PC/PPI 电缆或使用 MPI 卡通过 RS-485 接口与计算机连接, 可以实现编程、监控、联网等功能。

6. I/O 扩展接口

扩展接口用于扩展输入/输出单元, 它使 PLC 的控制规模配置更加灵活, 这种扩展接口实际上为总线形式, 可以配置开关量的 I/O 单元, 也可配置模拟量和高速计数等特殊 I/O 单元及通信适配器等。

1.2 S7-200 系列 PLC 介绍

1.2.1 S7-200 系列 PLC 系统

德国的西门子公司是欧洲最大的电子和电气设备制造商, 生产的 SIMATIC 可编程控制器在欧洲处于领先地位。最新的 SIMATIC 产品为 SIMATIC S7、M7 和 C7 等几大系列。SIMATIC S7 系列产品分为通用逻辑模块 (LOGO!)、微型 PLC (S7-200 系列)、中小型 PLC (S7-300 系列) 和大中型 PLC (S7-400 系列) 4 个产品系列。从 CPU 模块的功能来看, SIMATIC S7-200 系列微型 PLC 发展至今大致经历了两代。第一代产品 (21 版), 其 CPU 模块为 CPU21X, 主机都可进行扩展; 第二代产品 (22 版), 其 CPU 模块为 CPU22X, 是在 21 世纪初投放市场的, 速度快, 具有较强的通信能力。



S7-200 系列 PLC 的硬件主要包括 CPU 和扩展模块。扩展模块则包括模拟量 I/O 扩展模块、数字量 I/O 扩展模块、温度测量扩展模块、特殊功能模块（如定位模块）和通信模块等。其外部结构如图 1-6 所示。它是整体式 PLC，它将输入/输出模块、CPU 模块、电源模块均装在一个机壳内，当系统需要扩展时，可选用需要的扩展模块与基本单元（主机）连接。

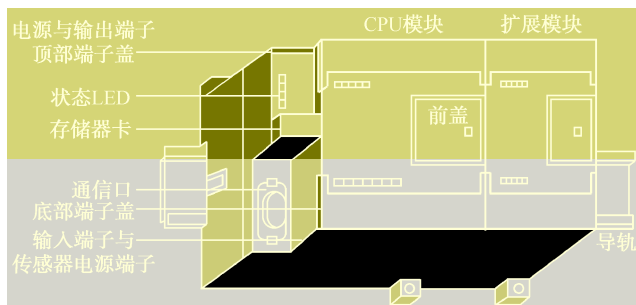


图 1-6 S7-200 系列 PLC 外部结构

1. CPU 模块

S7-200 系列的 CPU 是 16 位的，其参数如表 1-3 所示。

表 1-3 S7-200 系列 CPU 模块主要技术指标

型 号	CPU221	CPU222	CPU224	CPU226	CPU226MX
用户数据存储器类型	EEPROM	EEPROM	EEPROM	EEPROM	EEPROM
程序空间（永久保存）（字）	2048	2048	4096	4096	8192
用户数据存储器（字）	1024	1024	2560	2560	5120
数据后备（超级电容）典型值（H）	50	50	190	190	190
主机 I/O 点数	6/4	8/6	14/10	24/16	24/16
可扩展模块	无	2	7	7	7
24V 传感器电源最大电流/电流限制（mA）	180/600	180/600	280/600	400/约 1500	400/约 1500
最大模拟量输入/输出	无	16/16	28/7 或 14	32/32	32/32
240V AC 电源 CPU 输入电流/最大负载电流（mA）	25/180	25/180	35/220	40/160	40/160
24V DC 电源 CPU 输入电流/最大负载（mA）	70/600	70/600	120/900	150/1050	150/1050
为扩展模块提供的 DC 5V 电源的输出电流（mA）	—	最大 340	最大 660	最大 1000	最大 1000
内置高速计数器	4（30kHz）	4（30kHz）	6（30kHz）	6（30kHz）	6（30kHz）
高速脉冲输出	2（20kHz）	2（20kHz）	2（20kHz）	2（20kHz）	2（20kHz）
模拟量调节电位器（个）	1	1	2	2	2
实时时钟	有（时钟卡）	有（时钟卡）	有（内置）	有（内置）	有（内置）



续表

型 号	CPU221	CPU222	CPU224	CPU226	CPU226MX
RS-485 通信口	1	1	1	1	1
各组输入点数	4,2	4,4	8,6	13,11	13,11
各组输出点数	4 (DC 电源) 1,3 (AC 电源)	6 (DC 电源) 3,3 (AC 电源)	5,5 (DC 电源) 4,3,3 (AC 电源)	8,8 (DC 电源) 4,5,7 (AC 电源)	8,8 (DC 电源) 4,5,7 (AC 电源)

1) CPU 的工作方式

CPU 的前面板即存储卡插槽的上部,有 3 盏指示灯显示当前工作方式。CPU 前面板上用两个发光二极管显示当前工作方式,绿色指示灯亮,表示为运行状态;红色指示灯亮,表示为停止状态;在标有 SF 的指示灯亮时表示系统故障,PLC 停止工作。

(1) STOP (停止)。CPU 在停止工作方式时,不执行程序,此时可以通过编程装置向 PLC 装载程序或进行系统设置,在程序编辑、上下载等处理过程中,必须把 CPU 置于 STOP 方式。

(2) RUN (运行)。CPU 在 RUN 工作方式下,PLC 按照自己的工作方式运行用户程序。

2) 改变 CPU 工作方式的方法

(1) 用工作方式开关改变工作方式。工作方式开关有 3 个挡位: STOP、TERM (Terminal)、RUN。把方式开关切到 STOP 位,可以停止程序的执行;把方式开关切到 RUN 位,可以启动程序的执行;把方式开关切到 TERM (暂态)或 RUN 位,允许 STEP 7-Micro/WIN 32 软件设置 CPU 工作状态。

如果工作方式开关设为 STOP 或 TERM,电源上电时,CPU 自动进入 STOP 工作状态。设置为 RUN 时,电源上电时,CPU 自动进入 RUN 工作状态。

(2) 用编程软件改变工作方式。把方式开关切换到 TERM (暂态),可以使用 STEP 7-Micro/WIN 32 编程软件设置工作方式。

(3) 在程序中用指令改变 CPU 的工作方式。在程序中插入一个 STOP 指令,CPU 可由 RUN 方式进入 STOP 工作方式。

2. 存储系统

S7-200 系列 PLC 的 CPU 模块内部配备了一定容量的 RAM (Random Access Memory) 和 EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory),两种类型的存储器构成了 PLC 的存储系统,如图 1-7 所示。主机 CPU 模块内部配备的 EEPROM,上装程序时,可自动装入并永久保存用户程序、数据和 CPU 的组态数据,用户可以用程序将存储在 RAM 中的数据备份到 EEPROM 存储器,主机 CPU 提供一个超级电容器,可使 RAM 中的程序和数据在断电后保持几天之久。CPU 提供一个可选的电池卡,可在断电后超级电容器中的电量完全耗尽时,继续为内部 RAM 存储器供电,以延长数据所存的时间,可选的存储器卡可使用户像使用计算机磁盘一样来方便地备份和装载程序和数据。

3. 输入/输出端子

输入/输出模块电路是 PLC 与被控设备间传递输入/输出信号的接口部件。各输入/输出点的通/断状态用 LED 显示,外部接线就接在 PLC 输入/输出接线端子上。S7-200 系列 CPU22X 主机的输入和输出有两种类型:一种是 CPU22X AC/DC/继电器,AC 表示供电为交流输入电



源 220V, DC 表示输入端的电源电压为直流 24V, 提供 24V 直流电源给外部元件 (如传感器、开关) 等, 继电器表示输出为继电器输出 (驱动交、直流负载); 另一种是 CPU22X DC/DC/DC, 第一个 DC 表示供电电源电压为直流 24V, 第二个 DC 表示输入端的电源电压为直流 24V, 提供 24V 直流给外部元件 (如传感器、开关等), 第三个 DC 表示输出端子的电源为直流 24V, 场效应晶体管输出 (驱动直流负载), 用户可根据需要选用。

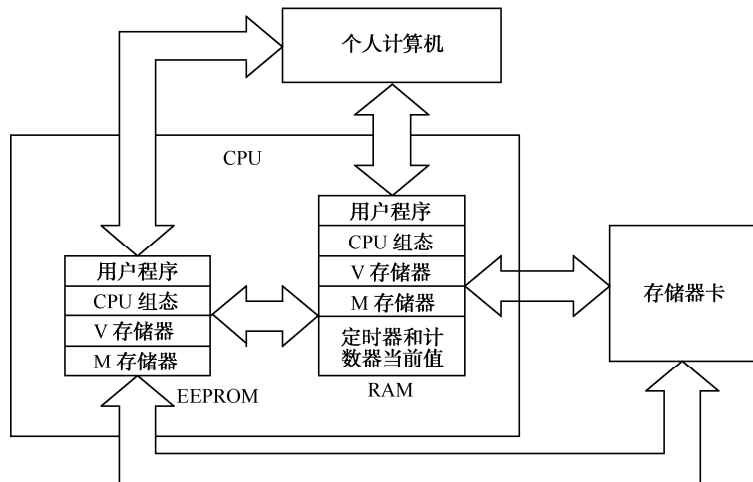


图 1-7 存储系统

1) CPU224 型 PLC 输入端子接线

CPU224 的主机共有 14 个输入点 (I0.0~I0.7, I1.0~I1.5) 和 10 个输出点 (Q0.0~Q0.7, Q1.0~Q1.1), 在编写端子代码时采用八进制, 没有 0.8 和 0.9。CPU224 输入端子的接线如图 1-8 和图 1-9 所示, 它采用了双向光电耦合器, 24V 直流极性可任意选择, L+ 和 M 端子分别是模块提供 24V 直流电源的正极和负极, 它可以作为输入电路的电源, 也可作为外部传感器、开关的电源。系统设置 1M 为输入端子 (I0.0~I0.7) 公共端, 2M 为输入端子 (I1.0~I1.5) 内部电路的公共端。

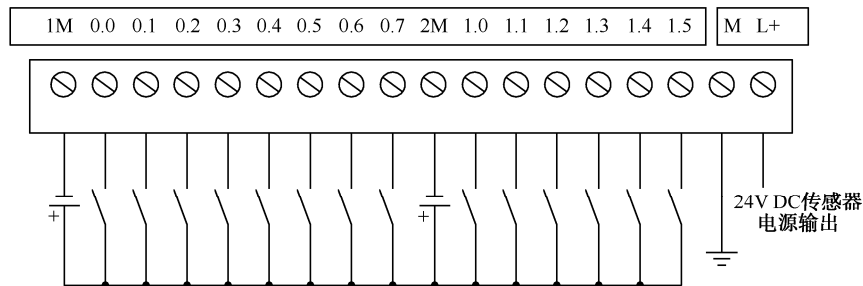


图 1-8 输入端子的接线 (PNP)

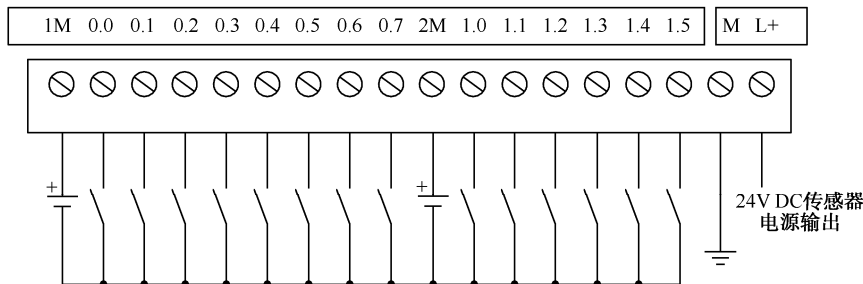


图 1-9 输入端子的接线 (NPN)



【例 1-1】 有一台 S7-224 CPU，输入端有一只三线 PNP 接近开关和一只二线 PNP 接近开关，应如何接线？

【解】 对于 S7-224 CPU，公共端接电源的负极。而对于三线 PNP 接近开关，只要将其正、负极分别与电源的正、负极相连，将信号线与 PLC 的“ $I0.0$ ”相连即可；而对于二线 PNP 接近开关，只要将电源的正极分别与其正极相连，将信号线与 PLC 的“ $I0.1$ ”相连即可，如图 1-10 为例 1-1 输入端子的接线示意图。

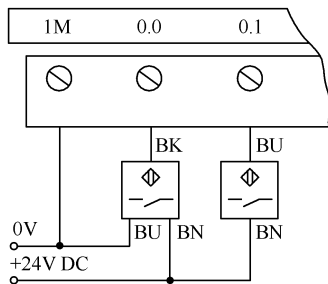


图 1-10 例 1-1 输入端子的接线示意图

2) CPU224 型 PLC 输出端子接线

CPU224 的输出电路有场效应晶体管输出电路和继电器输出电路两种供用户选用，其用法前面已叙述，具体接法如图 1-11 和图 1-12 所示。

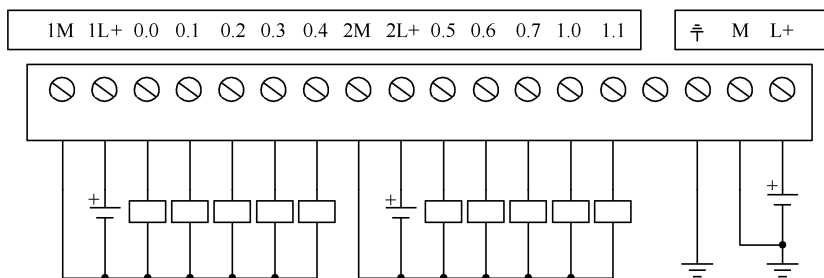


图 1-11 晶体管输出（直流输出）

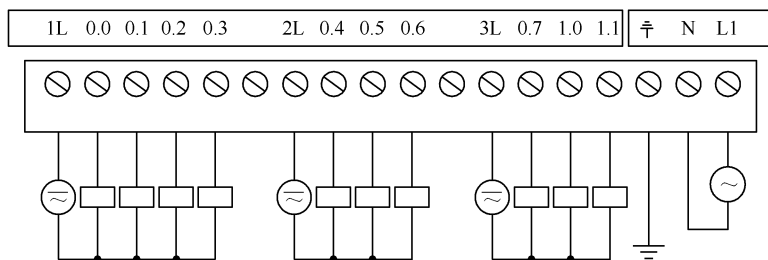


图 1-12 继电器输出

【例 1-2】 有一台 S7-224 CPU，控制一只 24V DC 电磁阀和一只 220V AC 电磁阀，输出端应如何接线？

【解】 因为两个电磁阀的线圈电压不同，而且有直流和交流两种电压，所以如果不经转换，只能用继电器输出的 CPU，而且两个电磁阀分别在两个组中。其接线如图 1-13 所示。

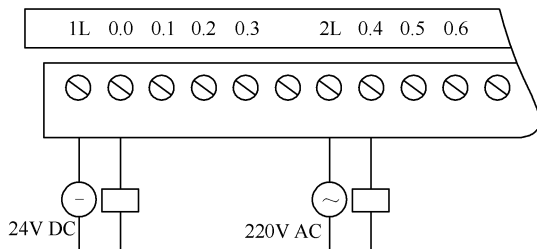


图 1-13 例 1-2 接线图



4. 电源模块

外部提供给 PLC 的电源有 24V DC、220V AC 两种, 根据型号不同有所变化, 电源的技术指标如表 1-4 所示。S7-200 的 CPU 单元有一个内部电源模块, S7-200 小型 PLC 的电源模块与 CPU 封装在一起, 通过连接总线为 CPU 模块、扩展模块提供 5V 的直流电源, 如果容量许可, 还可提供给外部 24V 直流的电源, 供本机输入点和扩展模块继电器线圈使用。应根据下面的原则来确定 I/O 电源的配置。

表 1-4 电源的技术指标

特 性	24V 电源	220V AC 电源
电压允许范围	20.4~28.8V	85~264V, 47~63Hz
冲击电流	10A, 28.8V	20A, 254V
内部熔断器 (用户不能更换)	3A, 250V 慢速熔断	2A, 250V 慢速熔断

(1) 有扩展模块连接时。如果扩展模块对 5V DC 电源的需求超过 CPU 的 5V 电源模块的容量, 则必须减少扩展模块的数量。

(2) 当+24V 直流电源的容量不满足要求时, 可以增加一个外部 24V 直流电源给扩展模块供电。此时外部电源不能与 S7-200 的传感器电源并联使用, 但两个电源的公共端 (M) 应连接在一起。

5. 扩展功能模块

扩展单元作为基本单元输入/输出点数的扩充, 只能与基本单元连接使用, 不能单独使用。S7-200 的扩展单元包括数字量扩展单元, 模拟量扩展单元, 热电偶、热电阻扩展模块, PROFIBUS-DP 通信模块。不同功能的扩展模块可以满足不同的控制需要, 节约投资费用。连接时 CPU 模块放在最左侧, 扩展模块用扁平电缆与左侧的模块相连, 如图 1-14 所示。CPU222 最多连接两个扩展模块, CPU224/CPU226 最多连接 7 个扩展模块。

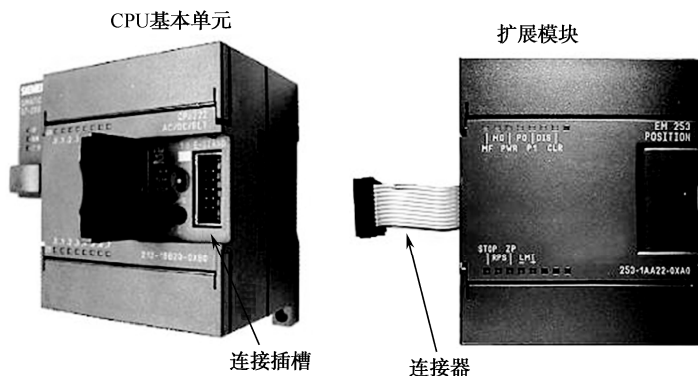


图 1-14 扩展模块和基本单元

1) 数字量 I/O 扩展模块

S7-200 PLC 提供了多种类型的数字量扩展模块, 用户可选用 8 点、16 点和 32 点的数字量输入/输出模块。数字量 I/O 扩展模块规格如表 1-5 所示。



表 1-5 数字量 I/O 扩展模块规格

类 型	型 号	各组输入点数	各组输出点数
输入扩展模块 EM221DI	EM221 24V DC 输入	4, 4	—
	EM221 230V AC 输入	8 点相互独立	—
输出扩展模块 EM222DO	EM222 24V DC 输出	—	4, 4
	EM222 继电器输出	—	4, 4
	EM222 230V AC 双向晶闸管输出	—	8 点相互独立
输入/输出扩展模块 EM223	EM223 24V DC 输入/继电器输出	4	4
	EM223 24V DC 输入/24V DC 输出	4, 4	4, 4
	EM223 24V DC 输入/24V DC 输出	8, 8	4, 4, 8
	EM223 24V DC 输入/继电器输出	8, 8	4, 4, 4, 4

2) 模拟量 I/O 扩展模块

模拟量扩展模块提供了模拟输入量（如压力、温度、流量、转速等）和某些执行机构（如晶闸管调速装置、电动调节阀和变频器等）输出模拟量的功能，模拟量 I/O 扩展模块规格如表 1-6 所示。

表 1-6 模拟量 I/O 扩展模块规格

型 号	输 入 点	输 出 点	电 压	功率/W	电 源 要 求	
					5V DC	24V DC
EM231	4	0	24V DC	2	20mA	60mA
EM232	0	2	24V DC	2	20mA	70mA
EM235	4	1	24V DC	2	30mA	80mA

使用模拟量模块时，要注意以下问题：

(1) 模拟量模块有专用的扁平电缆（与模块打包出售）与 CPU 通信，并通过此电缆由 CPU 向模拟量模块提供 5V DC 的电源。此外，模拟量模块必须外接 24V DC 电源。

(2) 每个模块能同时输入/输出电流或者电压信号，对于模拟量输入的电压或者电流信号选择通过 DIP 开关设定，量程的选择也是通过 DIP 开关来设定的。

(3) 对于模拟量输入模块，传感器电缆线应尽可能短，而且应使用屏蔽双绞线，导线应避免弯成锐角。靠近信号源屏蔽线的屏蔽层应单端接地。

(4) 未使用的通道应短接，如果 EM231 中的 B+和 B-端子未使用，则要进行短接。

3) 热电偶、热电阻扩展模块

EM231 热电偶、热电阻扩展模块是为 S7-200 CPU222、CPU224 和 CPU226/226XM 设计的模拟量扩展模块。EM231 热电偶模块具有特殊的冷端补偿电路，该电路测量模块连接器上的温度，并适当改变测量值，以补偿参考温度与模块温度之间的温度差。如果在 EM231 热电偶模块安装区域的环境温度迅速地变化，则会产生额外的误差，要想达到最大的精度和重复性，热电阻和热电偶模块应安装在稳定的环境温度中。

4) 通信模块 PROFIBUS-DP

S7-200 系列的 CPU 要接入 PROFIBUS-DP 网，则必须配置通信模块 EM277，EM277 作为 DP 从站，接收来自主站的多种不同的 I/O 组态，向主站发送和接收数据。



5) 定位模块 EM253

S7-200 系列 CPU (晶体管输出时) 的 Q0.0 和 Q0.1 可以输出高速脉冲, 可以用于控制步进电动机和伺服电动机, 但若要求较高时, 则应使用定位模块 EM253。EM253 能产生脉冲串, 用于步进电动机和伺服电动机速度、位置的开环控制, PWM 输出 $f_{\max}=200\text{kHz}$ 。直接从 Micro/WIN 软件进行参数设置和调整。

1.2.2 可编程控制器的工作原理

众所周知, 继电器控制系统是一种“硬件逻辑系统”, 它所采用的是并行工作方式, 也就是条件一旦形成, 多条支路可以同时动作。PLC 是在继电器控制系统逻辑关系基础上发展演变的。而 PLC 同时也是一种专用的工业控制计算机, 其工作原理是建立在计算机工作原理基础上的。为了可靠地应用在工业环境下, 便于现场电气技术人员的使用和维护, 应有大量的接口器件、特定的监控软件和专用的编程器件。这样一来, 不但其外观不像计算机, 其操作使用方法、编程语言及工作过程与计算机控制系统也是有区别的。

其实现的工作原理是执行反映控制要求的用户程序, PLC 的 CPU 是以分时操作方式来处理各项任务的。计算机在每一瞬间只能做一件事, 所以, 程序的执行是按程序顺序依次完成相应段落上的动作的, 因此, 它属于串行工作方式。

1. PLC 控制系统的等效工作电路

PLC 控制系统的等效工作电路由输入部分、内部控制电路和输出部分组成。输入部分就是采集输入信号, 输出部分就是系统的执行部件。这两部分与继电器控制电路相同, 内部控制电路就是通过用户所编写的程序实现控制逻辑, 用软件编程代替继电器电路的功能。其等效工作电路如图 1-15 所示, 它是工作台前进、到位后停车并有工作指示灯的控制电路。

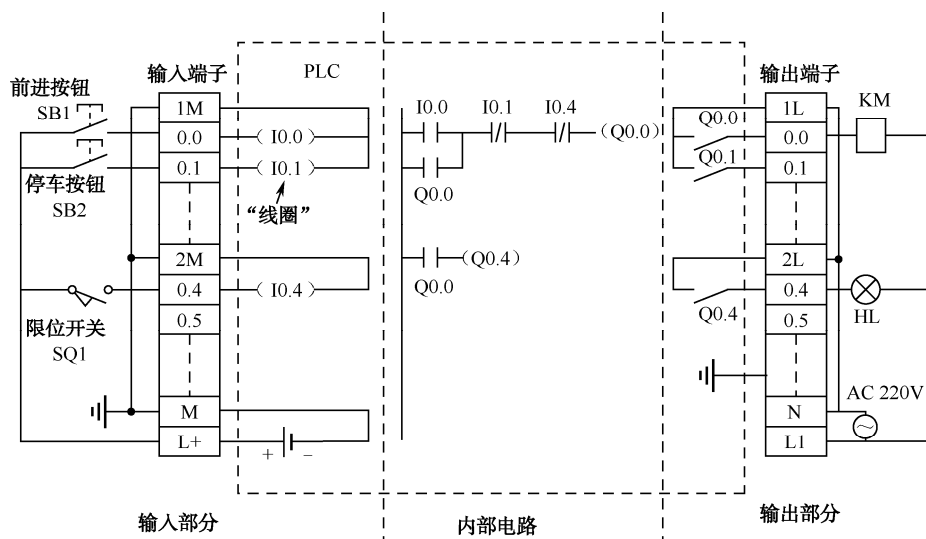


图 1-15 PLC 的等效工作电路

(1) 输入部分。输入部分由外部输入电路、PLC 输入接线端子和输入继电器组成。外部输入信号经 PLC 输入接线端子去驱动输入继电器线圈。每个输入端子与其相同编号的输入继电器有着唯一确定的对应关系。如当外部的输入元件 (前进按钮 SB1) 处于接通状态时, 对应的输入继电器线圈 (I0.0) “得电”。这个输入继电器 (I0.0) 是 PLC 内部的软继电器, 实际



上这里不存在真正的物理上的继电器，它只是存储器（I/O）中的某一位（I/O.0），可以提供任意多个的动合触点或动断触点。这里所说的“触点”实际上也是不存在的，是为了向早期的继电器线路图靠拢，便于大家理解。“触点”实际上就是存储器位的状态，这样一来就可以任意取用了。

为使输入继电器的线圈“得电”，即让外部输入元件的接通状态写入其对应的存储单元中，输入回路要有电流，这个电源可以用 PLC 自己提供的 24V 直流电源，也可以由 PLC 外部的独立的交流或直流电源供电。

（2）内部控制电路。内部控制电路是由用户程序形成的用“软继电器”来替代硬继电器的控制逻辑。它的作用是按照用户编写的程序所规定的逻辑关系处理输入信号和输出信号。

一般用户程序是用梯形图语言编制的，看上去很像继电器控制线路图，这也是 PLC 设计者所追求的。在前面已经提到过，即使 PLC 的梯形图与继电器控制线路图完全相同，最后的输出结果也不一定相同，这是因为处理信号的过程是不一样的。继电器控制线路图中的继电器线圈都是并联关系，机会相等，只要条件允许可以同时动作。而 PLC 的梯形图程序的工作特点是周期性逐行扫描。这样一来最后的输出结果就难免不一样了。

除了输入信号和输出信号，PLC 中还提供了定时器、计数器、辅助继电器（相当于继电器控制线路中的中间继电器）及某些特殊功能的继电器。为了实现控制要求，在编程时可根据需要选用继电器；但这些器件只能在 PLC 的内部控制电路中使用，在 PLC 的 I/O 点处是看不到它们的。

（3）输出部分（以数字量继电器输出型 PLC 为例）。输出部分由在 PLC 内部且与内部控制电路隔离的输出继电器的外部动合触点、输出接线端子和外部驱动电路组成，用来驱动外部负载。每个输出继电器除了有为内部控制电路提供编程用的任意多个动合、动断触点外，还为外部输出电路提供了一个实际的动合触点与输出接线端子相连。需要特别指出的是，输出继电器是 PLC 中唯一存在的实际物理器件，打开 PLC 可发现在输出侧放置的那些微型继电器。

2. PLC 的工作原理

PLC 虽然具有许多微型计算机的特点，但它的工作方式却与微型计算机有很多不同，这主要是各自的操作系统和系统软件的不同所造成的。

PLC 的工作方式有两个显著特点：一个是周期性顺序扫描，一个是信号集中批处理。

PLC 通电后，需要对软硬件都做一些初始化的工作。为了使 PLC 的输出及时地响应各种输入信号，初始化后将反复不停地分步处理各种不同的任务，这种周而复始的循环工作方式称为周期性顺序扫描工作方式。

PLC 在运行过程中，总是处在不断循环的顺序扫描过程中，每次扫描所用的时间称为扫描时间，又称为扫描周期或工作周期。

由于 PLC 的 I/O 点数较多，采用集中批处理的方法可简化操作过程，便于控制，提高系统可靠性。因此，PLC 的另一个主要特点就是对输入采样、执行用户程序、输出刷新实施集中批处理。

上面提到过 PLC 通电后，首先要进行的就是初始化工作，这一过程包括对工作内存的初始化，复位所有的定时器，将输入/输出继电器清零，检查 I/O 单元是否完好，如有异常则发出报警信号。初始化之后，就进入周期性扫描过程。PLC 的运行过程如图 1-16 所示。

PLC 的工作过程一般包括五个阶段：内部处理、与编程器等的通信处理、输入采样、执



行用户程序、输出刷新。这里主要介绍输入采样、执行用户程序和输出刷新 3 个阶段。这 3 个阶段是 PLC 工作过程的中心内容 (如图 1-17 所示), 理解透 PLC 工作过程的这 3 个阶段是学习好 PLC 的基础。下面详细分析这 3 个阶段。

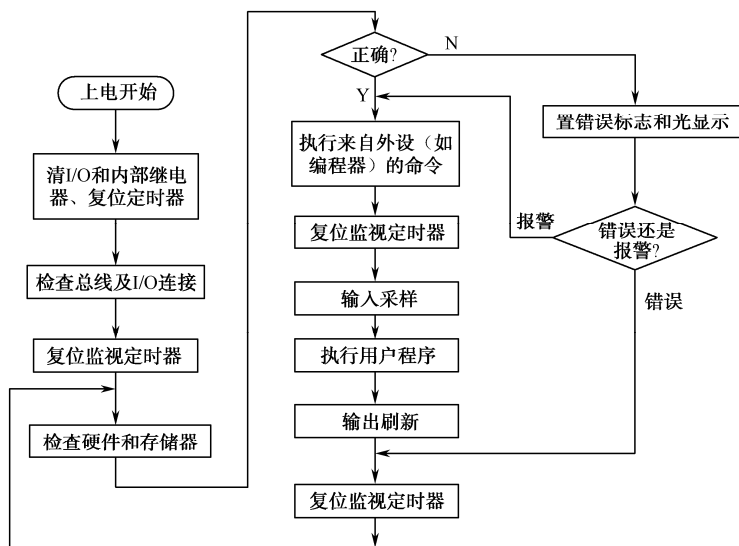


图 1-16 PLC 的运行过程

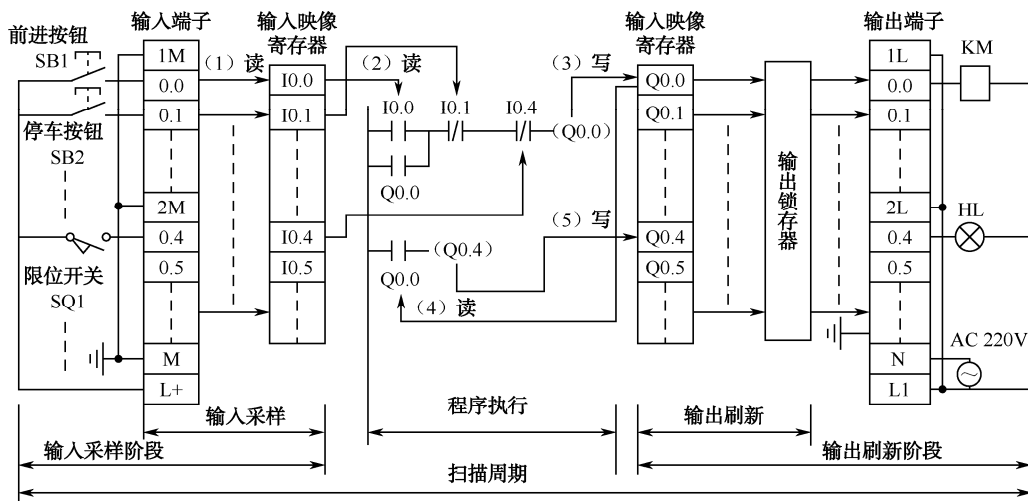


图 1-17 PLC 的扫描工作过程

(1) 输入采样扫描阶段。在 PLC 的存储器中, 设置了一片区域来存放输入信号和输出信号的状态, 它们分别称为输入过程映像寄存器和输出过程映像寄存器。CPU 以字节 (8 位) 为单位来读写输入/输出过程映像寄存器。

这是第一个集中批处理过程, 在这个阶段, PLC 首先按顺序扫描所有输入端子, 并将各输入状态存入相对应的输入映像寄存器中。此时, 输入映像存储器被刷新, 在当前的扫描周期内, 用户程序依据的输入信号的状态 (ON 或 OFF), 均从输入映像寄存器中去读取, 而不管此时外部输入信号的状态是否变化。在此程序执行阶段和接下来的输出刷新阶段, 输入映像寄存器与外界隔离, 即使此时外部输入信号的状态发生变化, 也只能在下一个扫描周期的