

第 1 章 可编程控制器概述

本章要点

可编程控制器(Programmable Logical Controller, PLC)是以微处理器为核心, 结合计算机技术、自动化技术和通信技术发展起来的一种通用自动控制装置, 广泛地应用于机械、冶金、能源、化工、石油、交通、电力等领域。本章主要讲述 PLC 的产生、定义、特点及发展, 以及 PLC 的发展趋势、基本组成、工作原理、主要性能指标。

学习目标

- 了解 PLC 的组成及工作原理。
- 了解 PLC 的发展趋势。
- 掌握 PLC 与继电接触式控制系统的异同。

1.1 PLC 的产生及发展

可编程控制器是现代制造业为适应市场需要和提高竞争力, 在生产设备和自动化生产线对柔性、可靠性和产能方面提出更高要求的背景下应运而生的新型工业控制装置。它综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术等, 实现了控制装置的三电一体化, 是当代工业生产水平的重要标志之一。

1.1.1 PLC 的产生

早期的自动化生产设备基本上都是采用继电器控制方式, 系统复杂程度不高、自动化水平有限。这种控制系统具有结构简单、价格低廉、容易操作等优点, 适用于工作模式固定、要求比较简单的场合, 目前应用仍然比较广泛。

随着工业生产的迅速发展, 市场竞争更加激烈, 产品更新换代的周期日趋缩短。由于传统的继电器控制系统存在设计制造周期长、维修和改变控制逻辑困难等缺点, 越来越不能适应工业现代化发展的需要。因此, 研制既具有继电器控制系统的优点, 又能做到可靠性高、易于维护、开发周期短且能满足控制功能和产品多样化要求的控制器, 就显得极为迫切。

电子技术和计算机技术的发展为满足这种需求提供了可能。1968 年, 美国通用汽车公司(GM)对外公开招标, 要求用新的电气控制装置取代继电器控制系统, 以适应迅速改变生产程序的要求。该公司对新的控制系统提出了 10 项指标。

- (1) 编程方便, 可现场编辑和修改程序。
- (2) 维修方便, 采用插件式结构。
- (3) 可靠性要高于继电器控制系统。
- (4) 体积要明显小于继电器控制柜。



- (5) 具有数据通信功能。
- (6) 价格便宜，其性价比明显高于继电器控制系统。
- (7) 输入可为 AC 115V。
- (8) 输出可为 AC 115V，2A 以上，可直接驱动接触器、电磁阀等。
- (9) 扩展时，原系统改变最少。
- (10) 用户存储器大于 4KB。

这 10 项指标实际上就是现在 PLC 的最基本的功能。其核心要求可归纳为 4 点。

第一，用计算机代替继电器控制盘。

第二，用程序代替硬接线。

第三，输入/输出电平可与外部装置直接相联。

第四，结构易于扩展。

1969 年，第一台 PLC 在美国的数字设备公司(DEC)制成，并成功地应用到美国通用汽车公司(GM)生产线上，它既有继电器控制系统的外部特性，又有计算机的可编程性、通用性和灵活性，开创了 PLC 的新纪元。

20 世纪 70 年代中期，随着大规模集成电路和微型计算机技术的发展，美国、日本、德国等国把微处理器引入 PLC，使 PLC 在继电器控制和计算机控制的基础上，逐渐发展为以微处理器为核心，把自动化技术、计算机技术、通信技术融为一体的新型自动控制装置。而且在编程方面采用了面向生产、面向用户的语言，打破了以往必须由具有计算机专业知识的人员使用计算机编程的限制，使广大工程技术人员和具有电工知识的人员乐于接受和应用，所以得到了迅速的推广。

PLC 未来的发展不仅依赖于对新产品的开发，还在于 PLC 与其他工业控制设备和工厂管理技术的综合。无疑，PLC 在今后的工业自动化中将扮演重要的角色。

可编程控制器简称为 PLC，它是在电气控制技术和计算机技术的基础上开发出来的，并逐渐发展成为以微处理器为核心，综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术的新型工业自动控制装置。PLC 在机械、冶金、能源、化工、石油、交通、电力等领域中的应用非常广泛。

1987 年，国际电工委员会(IEC)在颁布可编程序控制器标准草案时，对可编程控制器定义如下：“可编程序控制器是一种以数字运算操作的电子系统，专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器，用于在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等的面向用户的指令，并通过数字式和模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械设备或生产过程。PLC 及其有关外围设备，都应按易于与工业系统连成一个整体、易于扩充其功能的原则进行设计。”

1.1.2 PLC 的特点

PLC 是面向用户的、专为在工业环境下应用而设计的专用计算机，它具有以下几个显著的特点。

1. 可靠性高，抗干扰能力强

由于可编程序控制器是专为工业控制而设计的，所以除了对元器件进行筛选外，在软

件和硬件上都采用了很多抗干扰的措施,如内部采用屏蔽、优化的开关电源,具有光耦合隔离,采用了滤波、冗余技术,具备自诊断故障、自动恢复等功能,采用了由半导体电路组成的电子组件,这些电路充当的软继电器等开关是无触点的,如存储器、触发器的状态转换均无触点,极大地增加了控制系统整体的可靠性。而继电器、接触器等硬器件使用的是机械触点开关,所以两者的可靠程度是无法比拟的。

可编程序控制器还采用循环扫描的工作方式,所以能在很大程度上减少软故障的发生。有些高档的 PLC 中,还采用了双 CPU 模块并行工作的方式。即使 CPU 出现一个故障,系统也能正常工作,同时,还可以修复或更换有故障的 CPU 模块;一般可编程序控制器的平均无故障时间能达到几万小时,甚至可达几十万个小时。

2. 编程简单、直观

PLC 是面向用户、面向现场的,考虑到大多数电气技术人员熟悉继电器控制线路的特点,在 PLC 的设计上,没有采用微机控制中常用的汇编语言,而是采用一种面向控制过程的梯形图语言。梯形图语言与继电器原理图类似,形象直观,易学易懂。电气工程师和具有一定知识的电工工艺人员都可以在很短的时间内学会。PLC 继承了计算机控制技术和传统的继电器控制技术的优点,使用起来灵活方便。近年来,又发展了面向对象的顺控流程图语言(Sequential Function Chart, SFC),使编程更加简单方便。

3. 控制功能强

PLC 除具有基本的逻辑控制、定时、计数、算术运算等功能外,配上特殊的功能模块还可实现位控制、PID 运算、过程控制、数字控制等功能。

PLC 可连接成为功能很强的网络系统,低速网络的传输距离达 500~2500m,高速网络的传输距离为 500~1000m,网上节点可达 1024 个,并且高速网络和低速网络可以级联,兼容性好。

4. 易于安装,便于维护

PLC 安装简单,其相对较小的体积,使之能安装在通常继电器控制箱一半的空间中。在从继电器控制系统改造到 PLC 系统的情况下,PLC 小的模块结构使之能安装在继电器箱附近,并将连线接向已有的接线端,而且改换很方便,只要将 PLC 的输入/输出端子连向已有的接线端子排即可。

在大型 PLC 系统的安装中,远程输入/输出站安置在最优地点,远程 I/O 站通过同轴电缆和双扭线连向 CPU,这种配置大大减少了物料和劳力,远程子系统也意味着系统不同部分可在到达安装场地前由 PLC 工程师预先连好线,这一做法大大减少了电气技术人员的现场安装时间。

从一开始,PLC 便以易维护作为设计目标。由于几乎所有的器件都是模块化的,维护时,只须更换模块级插入式部件,故障检测电路将诊断指示器嵌在每一部件中,能指示器件是否正常工作,借助于编程设备,可以观察到输入/输出是 ON 还是 OFF,还可以通过写编程指令来报告故障。

总之,在工业应用中使用 PLC 的优点是显而易见的。通过 PLC 的使用,可以使用户获得高性能、高可靠性带来的高质量和低成本。



1.1.3 PLC 的发展

可编程序控制器的发展方向：目前 PLC 的发展方向主要有两个。

一是朝着小型化、简易、廉价化方向发展。单片机技术的发展，促进了 PLC 向紧凑型发展，体积减小，价格降低，可靠性不断提高。这种小型的 PLC 可以广泛取代继电器控制系统，应用于单机控制和小型生产线的控制等。

二是朝着标准化、系列化、智能化、高速化、大容量化、网络化方向发展，这将使 PLC 功能更强，可靠性更高，使用更方便，适用面更广。大型的 PLC 一般为多微处理器系统，有较大的存储能力和功能强劲的输入/输出接口。通过丰富的智能外设接口，可以实现流量、温度、压力、位置等闭环控制；通过网络接口，可级联不同类型的 PLC 和计算机，从而组成控制范围很大的局域网络，适用于大型的自动化控制系统。

1.2 PLC 的基本组成

可编程序控制器的基本组成包括硬件和软件两部分。

1.2.1 PLC 的硬件组成

PLC 的硬件组成包括中央处理器(CPU)、存储器(RAM、ROM)、输入输出(I/O)接口、编程设备、通信接口、电源和其他一些电路。PLC 的硬件结构如图 1-1 所示。

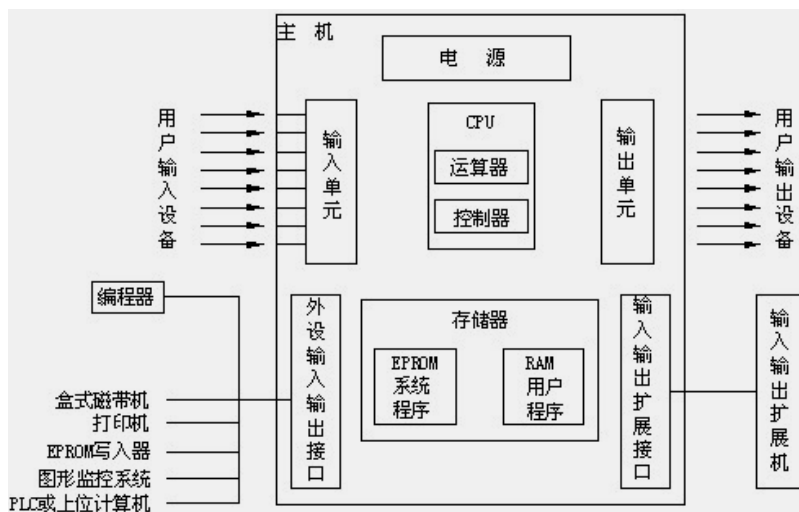


图 1-1 PLC 的硬件结构

1. 中央处理单元

中央处理单元(CPU)是 PLC 的核心部件，整个 PLC 的工作过程都是在中央处理器的统一指挥和协调下进行的，它的主要任务是在系统程序的控制下，完成逻辑运算、数学运算，协调系统内部各部分的工作等，然后根据用户所编制的应用程序的要求去处理有关数

据，最后，向被控制对象送出相应的控制(驱动)信号。

2. 存储器

存储器是 PLC 用来存放系统程序、用户程序、逻辑变量及运算数据的单元。

存储器的类型有可读/可写操作的随机存储器(RAM)和只读存储器(ROM、PROM、EPEOM 和 EEPROM)。

3. 输入/输出接口

输入/输出(I/O)是 PLC 与工业控制现场各类信号连接的部件。PLC 通过输入接口，把工业现场的状态信息读入，输入部件接收的是从开关、按钮、继电器触点和传感器等输入的现场控制信号，通过用户程序的运算与操作，对输入信号进行滤波、隔离、电平转换等，把输入信号的逻辑值准确、可靠地传入 PLC 内部，并将这些信号转换成中央处理单元能接收和处理的数字信号，把结果通过输出接口输出给执行机构。

PLC 通过输出接口，接收经过中央处理单元处理的数字信号，并把它转换成被控制设备或显示装置能接收的电压或电流信号，从而驱动接触器、电磁阀和指示器件等。

PLC 的输入输出等效电路如图 1-2 所示。

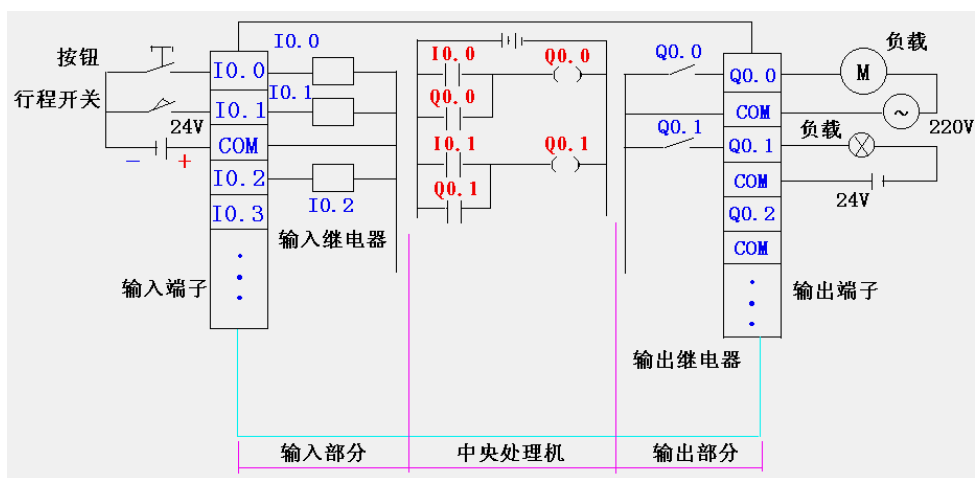


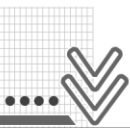
图 1-2 PLC 的输入输出等效电路

4. 电源模块

电源模块是把交流电转换成直流电的装置，它向 PLC 提供所需要的高质量直流电源。可编程控制器的电源包括对各工作单元供电的开关稳压电源和掉电保护电源。PLC 的电源与普通电源相比，其稳定性好、抗干扰能力强。许多 PLC 还向外提供 DC 24V 稳压电源，用于对外部传感器供电。

5. 编程器

编程器是 PLC 必不可少的重要外围设备。它的主要作用是编写、输入、调试用户程序，还可用来在线监视 PLC 的工作状态，与 PLC 进行人机对话。它是开发、应用、维护 PLC 时不可缺少的设备。



6. 其他接口

其他接口包括外存储器接口、EPROM 写入器接口、A/D 转换接口、D/A 转换接口、远程通信接口、与计算机相连的接口、打印机接口、与显示器相连的接口等。

1.2.2 PLC 的软件组成

可编程控制器的软件组成包括系统程序和用户程序。

1. 系统程序

系统程序是指控制和完成 PLC 各种功能的程序。系统程序可完成系统命令解释、功能子程序调用、管理、监控、逻辑运算、通信、各种参数设定、诊断(如电源、系统出错, 程序语法、句法检验)等功能。系统程序由制造厂家直接固化在只读存储器 ROM、PROM 或 EPROM 中, 用户不能访问和修改。

2. 用户程序

用户程序是用户根据 PLC 控制对象的生产工艺及控制要求而编制的应用程序。

为了便于检查和修改, 以及为了方便读出, 用户程序一般保存在 CMOS 静态 RAM 中, 用锂电池作为后备电源, 以保证掉电时不会丢失信息。

当用户程序经过运行, 认为已经正常, 不需要改变时, 可将其固化在 EPROM 中。有的 PLC 已直接采用 EPROM 作为用户存储器。

用户程序常用的编程语言有 5 种(但最常用的是梯形图和语句表)。

(1) 梯形图: 梯形图是目前应用非常广、最受技术人员欢迎的一种编程语言。梯形图具有直观、形象、实用的特点, 与继电器控制图的设计思路基本一致, 很容易由继电器控制电路转化而来。

(2) 语句表: 语句表是一种与汇编语言类似的编程语言, 它采用的是助记符指令, 并以程序执行顺序逐句编写成语句表。梯形图和指令表存在一定的对应关系。

(3) 逻辑符号图: 逻辑符号图包括与、或、非以及计数器、定时器、触发器等。

(4) 功能表图: 又叫状态转换图, 它的作用是表达一个完整的顺序控制过程, 简称 SFC 编程语言。它是将一个完整的控制过程分成若干个状态, 各状态具有不同的动作, 状态间有一定的转换条件, 条件满足则执行状态转换, 上一状态结束时则下一状态开始。

(5) 高级语言: 主要是大中型 PLC 才会采用高级语言来编程, 如 C 语言、BASIC 语言等。

1.2.3 PLC 与继电器控制系统的比较

在 PLC 的编程语言中, 梯形图是最为广泛使用的语言。PLC 的梯形图与继电器控制线路图十分相似, 主要原因是, PLC 梯形图的编写大致上沿用了继电器控制电路的元件符号, 仅个别处有些不同。同时, 信号的输入/输出形式及控制功能也是相同的。

但 PLC 的控制与继电器的控制也有不同之处, 主要表现在以下几个方面。

1. 组成器件不同

继电器控制线路由许多真正的硬件继电器组成，而梯形图则由许多所谓“软继电器”组成。这些“软继电器”实质上是存储器中的每一位触发器，可以置“0”或置“1”。硬件继电器易磨损，而“软继电器”则无磨损现象。

2. 触点数量不同

硬继电器的触点数量有限，用于控制的继电器的触点数一般只有 4~8 对；而梯形图中每只“软继电器”供编程使用的触点有无限对。因为在存储器中的触发器状态(电平)可取用任意次数。

3. 实施控制的方法不同

在继电器控制线路中，某种控制是通过各种继电器之间的硬接线实现的。由于其控制功能已包含在固定线路之间，因此它的功能专一，不灵活。而 PLC 控制是通过梯形图(即软件编程)解决的，所以灵活多变。

另外，在继电器控制线路中，为了达到某种控制目的，而又要安全可靠，同时还要节约使用继电器触点，因此设置了许多有制约关系的联锁电路；而在梯形图中采用扫描工作方式，不存在几个支路并列同时动作的因素，同时，在软件编程中也可将联锁条件编制进去，因而，PLC 的电路控制设计比继电器控制设计大大简化了。

4. 工作方式不同

在继电器控制线路中，当电源接通时，线路中各继电器都处于受制约状态，即应吸合的继电器都同时吸合，不应吸合的继电器都因受某种条件限制不能吸合。这种工作方式有时称为并行工作方式。

而在梯形图的控制线路中，各软继电器都处于周期性循环扫描接通中，受同一条件制约的各个继电器的动作次序决定于程序扫描顺序，这种工作方式有时称为串行工作方式。

1.3 PLC 的工作原理

PLC 有两种基本的工作状态，即运行(RUN)状态与停止(STOP)状态。在运行状态，PLC 通过反映控制要求的用户程序来实现控制功能。为了使 PLC 的输出能及时地响应随时可能变化的输入信号，用户程序不是只执行一次，而是反复不断地重复执行，直至 PLC 停机或切换到 STOP 工作状态。

1.3.1 扫描工作方式

当 PLC 运行时，有许多操作需要进行，但执行用户程序是它的主要工作，另外还要完成其他工作。它实际上是按照分时操作原理进行工作的，每一时刻执行一个操作，这种分时操作的工作过程称为 CPU 的扫描工作方式。在开机时，CPU 首先使输入暂存器清零，更新编程器的显示内容，更新时钟和特殊辅助继电器内容等。

在执行用户程序前，PLC 还应完成的辅助工作有内部处理、通信服务、自诊断检查。



在内部处理阶段，PLC 检查 CPU 模块内部硬件、I/O 模块配置、停电保持范围设定是否正常，监视定时器复位以及完成其他一些内部处理。

在通信服务阶段，PLC 要完成数据的接收和发送任务、响应编程器的输入命令、更新显示内容、更新时钟和特殊寄存器内容等工作。还将检测是否有中断请求，若有，则做相应的中断处理。

在自诊断阶段，检测程序语法是否有错、电源和内部硬件是否正常等，检测存储器、CPU 及 I/O 部件状态是否正常。当出现错误或者异常时，CPU 能根据错误类型和程度发出出错提示信号，并进行相应的出错处理，使 PLC 停止扫描或只能做内部处理、自诊断、通信处理。

PLC 采用循环扫描工作方式。为了连续地完成 PLC 所承担的扫描工作，系统必须重复执行，依一定的顺序完成循环扫描工作方式，每重复一次的时间称为一个扫描周期。由于 PLC 的扫描速度很快，输入扫描和输出刷新的周期时间通常为 3ms 左右，而程序执行时间根据程序的长度不同而不同。PLC 一个扫描周期通常为 10~100ms，对一般工业被控对象来说，扫描过程几乎是与输入同时完成的。PLC 的循环扫描工作过程如图 1-3 所示。

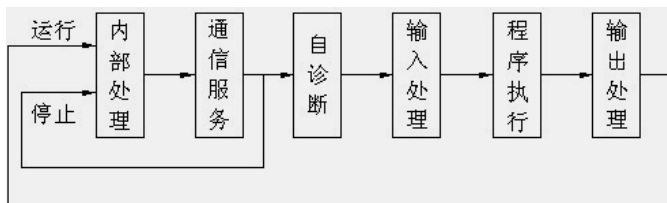


图 1-3 PLC 的循环扫描工作过程

1.3.2 工作过程

PLC 的工作过程一般可分为三个阶段：输入采样阶段、程序执行阶段和输出处理阶段。

(1) 输入采样阶段。PLC 以扫描工作方式，按顺序对所有输入端的输入状态采样，读入到寄存器中存储，这一过程称为采样。在本工作周期内，这个采样结果的内容不会改变，而且这个采样结果将在 PLC 执行程序时被使用。

(2) 程序执行阶段。PLC 是按顺序进行扫描的，即从上到下、从左到右地逐条扫描各指令，直至扫描到最后一条指令，并分别从输入映像寄存器和输出映像寄存器中获得所需的数据，进行逻辑运算和算术运算，把运算结果存入相应的输出映像寄存器中。但这个结果在全部程序未执行完毕之前，不会送到输出端口上。程序执行阶段的特点是依次顺序执行指令。

(3) 输出处理阶段。输出处理阶段也叫输出刷新。在执行完用户所有程序后，PLC 将输出映像寄存器中的内容送入到寄存器输出状态的输出锁存器中，再送到外部去驱动接触器、电磁阀和指示灯等负载，这时，输出锁存器的内容要等到下一个扫描周期的输出阶段到来才会被刷新。

以上这三个阶段也是分时完成的。

值得注意的是，PLC 在一个扫描周期中，输入采样工作只在输入处理阶段进行，对全部输入端扫描一遍并记下它们的状态后，即进入程序处理阶段，这时，不管输入端的状态

做何改变, 输入状态表都不会变化, 直到下一个循环的输入处理阶段, 才根据当时扫描到的状态予以刷新。这种集中采样、集中输出的工作方式, 使 PLC 在运行中的绝大部分时间实质上与外部设备是隔离的, 这就从根本上提高了 PLC 的抗干扰能力, 提高了可靠性。

1.4 PLC 的主要性能指标

在现代化的工业生产设备中, 有大量的开关量、教数字量及模拟量的控制装置, 例如电动机的启停, 电磁阀的开闭, 产品的计数, 温度、压力、流量的设定与控制等, PLC 已成为解决工业现场中这些自动控制问题最有效的工具之一。

PLC 的基本性能指标如下。

(1) 输入输出点数(I/O 点数)。指 PLC 外部输入输出端子数, 这是 PLC 的一项非常重要的技术指标, 常用 I/O 点数来表征 PLC 的规模大小。

(2) 扫描速度。一般指 PLC 执行一条指令的时间, 单位为 $\mu\text{s}/\text{步}$; 有时也以执行一千条指令的时间来计算, 单位为 $\text{ms}/\text{千步}$ 。

(3) 内存容量。一般指 PLC 存储用户程序的多少。

(4) 指令条数。指令条数(指令种类)的多少是衡量 PLC 软件功能强弱的主要指标。

(5) 内部寄存器。内部寄存器的配置情况是衡量 PLC 硬件功能的一个指标。

(6) 高功能模块。将高功能模块与主模块搭配, 可实现一些特殊功能。常用的高功能模块有 A/D 模块、D/A 模块、高速计数模块、位置控制模块、通信模块、高级语言编辑模块等。

另外, 在使用 PLC 时, 还应考虑电源电压、抗噪声性能、直流输出电压、环境温度、湿度、质量和外形尺寸等性能指标。

本章小结

PLC 作为一种工业标准设备, 虽然生产厂家众多, 产品种类层出不穷, 但它们都具有相同的工作原理, 使用方法也大同小异。

(1) PLC 是计算机技术与继电器控制技术相结合的产物。它专为在工业环境下应用而设计, 可靠性高, 应用广泛。PLC 功能的不断增强, 使 PLC 的应用领域不断扩大和延伸, 应用方式也更加丰富。PLC 从结构上可分为整体式和模块式; 从容量上可分为小型、中型和大型 PLC。

(2) PLC 的组成部件有中央处理器(CPU)、存储器、输入/输出(I/O)接口和电源等。

(3) PLC 采用集中采样、集中输出、按顺序循环扫描用户程序的方式工作。当 PLC 处于正常运行状态时, 它将不断重复扫描过程, 其工作过程的中心内容分为输入采样、程序执行和输出刷新三个阶段。

(4) PLC 是为取代继电器接触式控制系统而产生的, 因而两者存在着一定的联系。PLC 与继电器接触式控制系统具有相同的逻辑关系, 但 PLC 使用的是计算机技术, 其逻辑关系用程序来实现, 而不是实际电路。



(5) 可用多种形式的编程语言来编写 PLC 的用户程序，梯形图和语句表是两种最常用的 PLC 编程语言。

习 题

- (1) 简述可编程控制器的定义。
- (2) PLC 有什么特点？
- (3) PLC 与继电接触式控制系统相比，有哪些异同？
- (4) 构成 PLC 的主要部件有哪些？各部分的主要作用是什么？
- (5) 与一般的计算机控制系统相比，PLC 有哪些优点？
- (6) PLC 在一个工作周期中能完成哪些工作？
- (7) PLC 常用的编程语言有哪些？各有什么特点？

第 2 章 西门子 S7 系列 PLC 编程基础

本章要点

本章主要以西门子公司生产的 S7-200 系列小型 PLC 为例，介绍 PLC 系统的硬件及内部编程单元、编址方法和数据格式，介绍 S7 系列 PLC 的主要技术指标。

学习目标

- 了解 S7-200 系列 PLC。
- 掌握 S7-200 PLC 的硬件系统。
- 熟悉 S7-200 PLC 编程元件及编程知识。
- 重点掌握编程软元器件、编址方法和数据格式。
- 学会分析 PLC 的技术指标。

2.1 概 述

德国西门子(Siemens)公司生产的可编程序控制器在我国是相当常见的，机械、冶金、化工等领域及各种生产线中都有使用。

2.1.1 西门子 S7 家族

西门子公司的 PLC 产品包括 LOGO、S7-200、S7-1200、S7-300、S7-400 等。西门子 S7 系列 PLC 体积小、速度快、标准化，具有网络通信能力，功能强，可靠性高。S7 系列 PLC 产品可分为微型 PLC(如 S7-200)，小规模低性能要求的 PLC(如 S7-300)和中、高性能要求的 PLC(如 S7-400)等。

如图 2-1 所示，SIMATIC S7 系列 PLC 是德国西门子公司从 1995 年开始陆续推出的性价比很高的 PLC 系统。

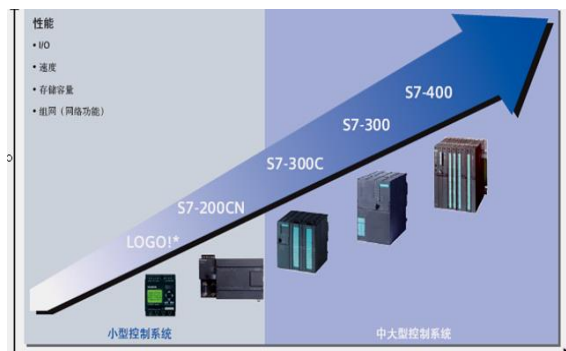


图 2-1 SIMATIC - S7 家族



SIMATIC 系列 PLC 主要有 S7-400 系列、S7-300 系列、S7-200 系列三种，分别为 S7 系列的大、中、小型 PLC 系统。S7-200 小型 PLC 应用广泛，结构简单，使用方便，尤其适合初学者学习和掌握。本章详细介绍 S7-200 系列 PLC 的软硬件系统、扩展功能模块、I/O 编程方式、PLC 内部元器件和寻址方式等。

1. S7-200 系列

SIMATIC S7-200 系列 PLC 是德国西门子(Siemens)公司生产的具有高性价比的小型紧凑型可编程序控制器，它结构小巧，运行速度快，可以单机运行，也可以输入/输出扩展，还可以连接功能扩展模块和人机界面，可以很容易地组成 PLC 网络。同时，它还具有功能齐全的编程和工业控制配置软件，使得在采用 S7-22X 系列 PLC 来完成控制系统的设计时，过程更加简单，系统的集成非常方便，几乎可以完成任何功能的控制任务。因此，它在各行各业中的应用得到迅速推广，在规模不太大的控制领域中是较为理想的控制设备。

S7-200 的产品定位是 S7 系列 PLC 家族的低端产品，但比智能继电器 LOGO 的定位要高。S7-200 一般用于 200 点开关量以内，35 点模拟量以内，程序量在 16KB 以内的应用场合。S7-200 外形小巧、功能强、性价比极高，很适合中国的机器制造业情况和需求。

西门子 S7-200 系列 PLC 的基本单元主要有 CPU221、CPU222、CPU224 和 CPU226 四种。其外部结构大体相同，如图 2-2 所示。

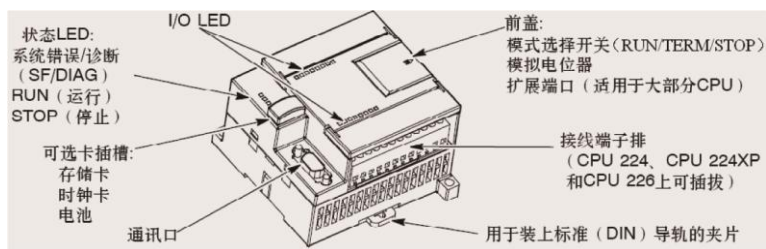


图 2-2 S7-200 系列 PLC 的外部结构

2. S7-300 系列 PLC 简介

1) S7-300 PLC 的主要特点

S7-300 是模块化中小型 PLC 系统，能满足中等性能要求的应用；有大范围的各种功能模块，可以满足和适应自动控制任务；结构是分散式，使得应用十分灵活；当控制接点增加时，可自由扩展；功能强大。

2) S7-300 PLC 的应用

S7-300 PLC 有多种性能的 CPU 和功能丰富的 I/O 扩展模块，用户可以根据实际应用选择合适的模块对 PLC 进行扩展。S7-300 PLC 的应用领域包括通用机械工程应用、楼宇自动化、机床、控制系统、纺织机械、专用机床、包装机械、电器制造业和相关产业。

3) S7-300 PLC 的结构

S7-300 PLC 是模块化结构设计，各种单独的模块之间可以进行广泛的组合及扩展。

(1) 中央处理单元(CPU): 有 20 种性能的 CPU 等级，可适应各种需要。

紧凑型 CPU: CPU312C、CPU313C、CPU313C-2PTP、CPU313C-2DP、CPU314C-2PTP、CPU314C-2DP。

重新定义的标准 CPU: CPU312、CPU314、CPU315-2DP。

标准 CPU: CPU313、CPU314、CPU315、CPU315-2DP、CPU316-2DP。

户外型 CPU: CPU312IFM、CPU314、CPU3141FM、CPU315-2DP。

其他 CPU: CPU315F-2DP、CPU318-2DP。

(2) 信号模块(SM): 用于数字量和模拟量 I/O。

(3) 通信处理器(CP): 用于连接网络和实现点对点之间的连接。

(4) 功能模块(FM): 用于高速计数、定位操作(开环或闭环控制)和闭环控制。

(5) 根据用户要求, 还可以提供以下设备。

电源模块(PS): 用于将 S7-300 连接到 120/230V AC 电源。

接口模块(IM): 用于多机架配置时连接主机架(CR)和扩展机架(ER)。S7-300 通过分布式的主机架(CR)和 3 个扩展机架(ER), 可以操作多达 32 个模块, 运行时无需风扇。

CM7 自动化计算机: AT 兼容的计算机, 用于解决对时间要求非常高的技术问题。既可作为 CPU 使用, 也可以作为功能模块使用。

4) S7-300 PLC 的主要功能

S7-300 PLC 的高电磁兼容性和强抗振动、冲击性, 使其具有最高的工业环境适应性。

S7-300 有两种类型。

标准型: 温度范围是 0~60℃。

环境条件扩展型: 温度范围从-25℃到+60℃, 拥有更强的耐振动和耐污染特性。

S7-300 PLC 具有如下主要功能。

(1) 高速的指令处理功能: 指令处理时间在 0.1~0.6ms。

(2) 浮点数运算功能: 可以有效地实现更为复杂的算术运算。

(3) 方便用户的参数赋值功能: 提供一个带标准用户接口的软件工具, 可给所有模块进行参数赋值。

(4) 人机界面(HMI)功能: 有方便的人机界面服务功能, S7-300 按用户指定的刷新速度传送这些数据。S7-300 操作系统能自动地处理数据的传送。

(5) 自诊断功能: CPU 的智能化诊断系统可以连续监控系统的功能是否正常、有无记录错误和特殊系统事件等。

(6) 口令保护功能: 多级口令保护可以使用户高度有效地保护其技术机密, 防止未经允许的复制及修改。

(7) 操作方式选择开关: 操作方式选择开关像钥匙一样可以拔出。当钥匙拔出时, 就不能改变操作方式。这样就防止了非法删除或改写用户程序包。

5) S7-300 PLC 的通信功能

S7-300 有多种不同的通信接口。

(1) 有多种用来连接工业以太网总线系统等的通信处理器。

(2) 有用来连接点到点的通信系统的通信处理器。

(3) 多点接口(MPI)集成在 CPU 中, 用于同时连接编程器、PC、人机界面系统和其他自动化控制系统等。

CPU 还支持下列通信类型。

① 过程通信: 通过总线对 I/O 模块周期寻址(过程映像交换)。



② 数据通信：在自动控制系统之间，人机界面和几个自动控制系统之间，数据通信会周期地进行，被用户程序、功能块调用。

3. S7-400 系列 PLC 简介

S7-400 PLC 是模块化的大型 PLC 系统，能满足中、高档性能要求的应用。

S7-400 系列比 300 系列的规模和性能都更强大，启动类型有冷启动(CRST)和热启动(WRST)之分，它还有一个外部的电池电源接口，当在线更换电池时，可以向 RAM 提供后备电源。S7-400 系列在其他方面与 300 系列基本一样，下面进行简要介绍。

1) S7-400 PLC 的结构

S7-400 PLC 采用模块化设计，性能范围宽的不同模板可灵活组合，扩展十分方便。一个系统可包括以下几项。

(1) 电源模板(PS)：可将 S7-400 连接到 120/230V AC 或 24V DC 电源上。

(2) 中央处理单元(CPU)：有多种 CPU 可供用户选择，有些带有内置的 PROFIBUS-DP 接口，用于各种性能，可包括多个 CPU 以及数字量输入输出(DI/DO)和模拟量输入输出(AI/AO)的信号模板(SM)。

(3) 通信处理器(CP)：用于总线连接和点到点连接。

(4) 功能模板(FM)：专门用于计数、定位、凸轮控制任务。

(5) S7-400 还提供以下部件，以满足用户的需要。

接 EI 模板(IM)：用于连接中央控制单元和扩展单元。S7-400 中央控制器最多能连接 21 个扩展单元。

M7 自动化计算机：M7 是 AT 兼容的计算机，可用于解决高速计算的技术问题。它既可作为 CPU，也可作为功能模板。

2) S7-400 PLC 的应用

S7-400 PLC 的应用主要包括以下领域：汽车制造、专用机床、工具机床、过程控制、通用机械、仪表控制装置、纺织机械、立体仓库、包装机械、控制设备。

S7-400 PLC 拥有多种级别的 CPU，种类齐全的通用功能模板，用户可根据需要，组合成不同功能的专用系统。当控制系统规模大或变得更加复杂时，不必投入很多费用，只须适当增加一些模板，就能使系统升级，可充分满足需求。

2.1.2 S7-200 系列 CPU 单元的外部结构

S7-200 系列 CPU 单元的外部结构在图 2-2 中已有介绍。

PLC 主机单元上有模式选择开关、模拟电位器、I/O 扩展接口、工作状态指示和用户程序存储卡、I/O 接线端子排及发光指示等。

(1) 状态指示灯(LED)：显示 CPU 所处的状态(系统错误/诊断、运行、停止)。

(2) 可选卡插槽：可以插入存储卡、时钟卡和电池。

(3) 通信口：RS-485 总线接口，可通过它与其他设备连接通信。

(4) 前盖：前盖下面有模式选择开关(运行/终端/停止)、模拟电位器和扩展端口。模式选择开关拨到运行(RUN)位置，则程序处于运行状态；拨到终端(TERM)位置，可以通过编程软件控制 PLC 的工作状态；拨到停止(STOP)位置，则程序停止运行，处于写入程序状

态。模拟电位器可以设置 0~255 的值。扩展端口用于连接扩展模块，实现 I/O 的扩展。

(5) 顶部端子盖下面为输出端子和 PLC 供电电源端子。输出端子的运行状态可以由顶部端子盖下方的一排指示灯显示，ON 状态对应指示灯亮。底部端子盖下边为输入端子和传感器电源端子。输入端子的运行状态可以由底部端子盖上方的一排指示灯显示，ON 状态对应指示灯亮。

2.1.3 S7-200 的主要技术指标

PLC 主机的技术性能指标反映出其技术先进程度和性能，是用户设计应用系统时选择 PLC 主机和相关设备的主要参考依据。S7-200 系列各主机的主要技术指标见表 2-1。

表 2-1 S7-200 系列的主要技术指标

技术指标	CPU221	CPU222	CPU224	CPU226
外形尺寸(mm)	90×80×62	90×80×62	120.5×80×62	190×80×62
程序存储器:				
可在运行模式下编辑	4096 字节	4096 字节	8192 字节	16384 字节
不可在运行模式下编辑	4096 字节	4096 字节	12288 字节	24576 字节
数据存储区	2048 字节	2048 字节	8192 字节	10240 字节
掉电保持时间	50 小时	50 小时	100 小时	100 小时
本机 I/O: 数字量	6 入/4 出	8 入/6 出	14 入/10 出	24 入/16 出
扩展模块	0 个模块	2 个模块	7 个模块	7 个模块
高速计数器:				
单相	4 路 30kHz	4 路 30kHz	6 路 30kHz	6 路 30kHz
双相	2 路 20kHz	2 路 20kHz	4 路 20kHz	4 路 20kHz
脉冲输出(DC)	2 路 20kHz	2 路 20kHz	2 路 20kHz	2 路 20kHz
模拟电位器	1	1	2	2
实时时钟	配时钟卡	配时钟卡	内置	内置
通信口	1 个 RS-485	1 个 RS-485	1 个 RS-485	2 个 RS-485
浮点数运算	有			
I/O 映像区	256(128 入/128 出)			
布尔指令执行速度	0.22μs/指令			

2.1.4 PLC 的外部端子

外部端子是 PLC 输入、输出及外部电源的连接点。S7-200 系列 PLC(以 CPU224 为例)的外部端子如图 2-3 所示。每种型号的 CPU 都有 DC/DC/DC 和 AC/DC/RLY 两类，用斜线分隔，分别表示 CPU 电源的类型、输入端口的电源类型及输出端口器件的类型。其中，在输出端口的类型中，DC 为晶体管，RLY 为继电器。

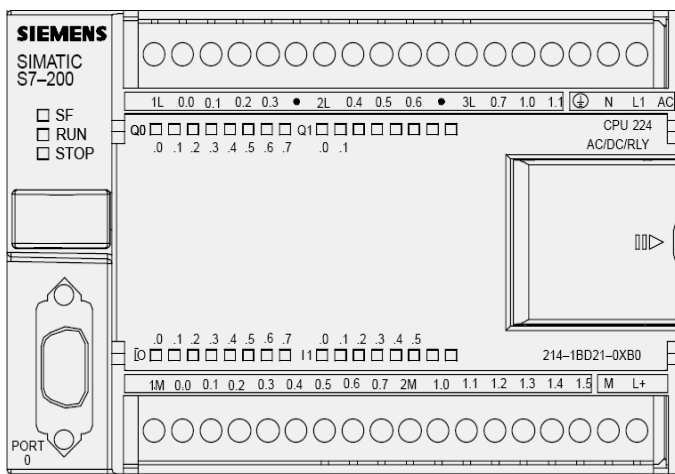


图 2-3 CPU224 型 PLC 的外部端子

1. 底部端子(输入端子及传感器电源)

L+: 内部 24V DC 电源正极, 为外部传感器或输入继电器供电。

M: 内部 24V DC 电源负极, 接外部传感器负极或输入继电器公共端。

1M、2M: 输入继电器的公共端口。

I0.0~I1.5: 输入继电器端子, 输入信号的接入端。

输入继电器用 I 表示, S7-200 系列 PLC 共 128 位, 采用八进制(I0.0~I0.7, I1.0~I1.7, I2.0~I2.7, …… , I15.0~I15.7)。

2. 顶部端子(输出端子及供电电源)

交流电源供电(AC): L1、N、 \perp 分别表示电源相线、中线和接地线。交流电压为 85~265V。

直流电源供电(DC): L+、M、 \perp 分别表示电源正极、电源负极和接地。直流电压为 24V。

1L、2L、3L: 输出继电器的公共端口。接输出端所使用的电源。输出各组之间是互相独立的, 这样, 负载可以使用多个电压系列(如 AC 220V、DC 24V 等)。

Q0.0~Q1.1: 输出继电器端子, 负载接在该端子与输出端电源之间。

输出继电器用 Q 表示, S7-200 系列 PLC 共 128 位, 采用八进制(Q0.0~Q0.7, Q1.0~Q1.7, …… , Q15.0~Q15.7)。带点的端子上不要外接导线, 以免损坏 PLC。

3. 端子连接

图 2-4 是 S7-200 系列 PLC CPU224 端子连接标记, 24V DC 极性可任意选择, 1M、2M 为输入端子的公共端, 2L、3L 为输出公共端。

1) 输入端的接线

S7-200 系列 PLC 的输入端接入直流电源。PNP 型的接近开关按照图 2-5(a)所示接线, NPN 型的接近开关按照图 2-5(b)所示接线。

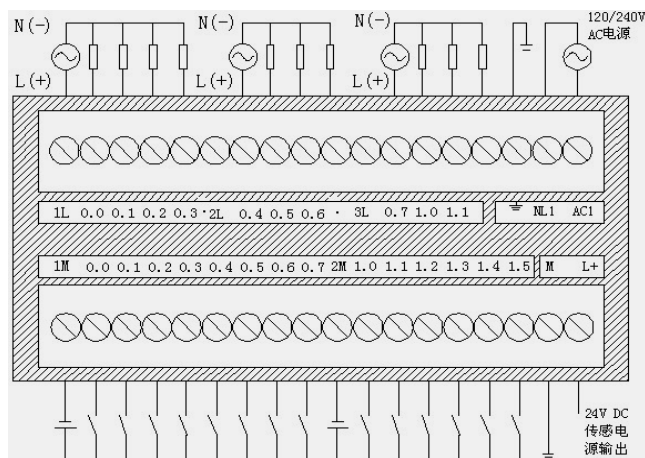


图 2-4 CPU224 连接端子的标记

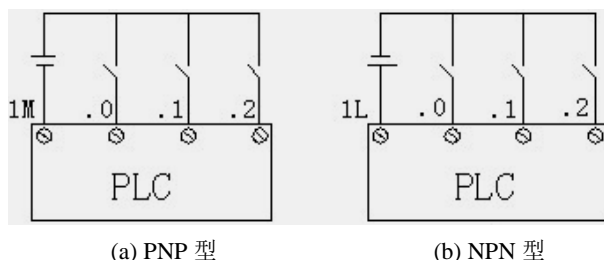


图 2-5 输入端的接线

2) 输出端的接线

S7-200 系列 PLC 的输出端有两种类型：24V 直流(晶体管)输出和继电器输出。

晶体管输出形式只能按照图 2-6(a)所示接线，且只能接 24V 直流电，推荐外接电源。若 PLC 需要高速输出时，要用晶体管输出。

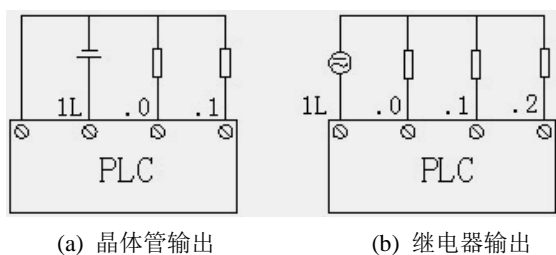


图 2-6 输出端的接线

2.1.5 可编程控制器的硬件组成

PLC 的硬件主要由中央处理器(CPU)、存储器、输入单元、输出单元、通信接口、扩展接口、电源等几部分组成，如图 2-7 所示。

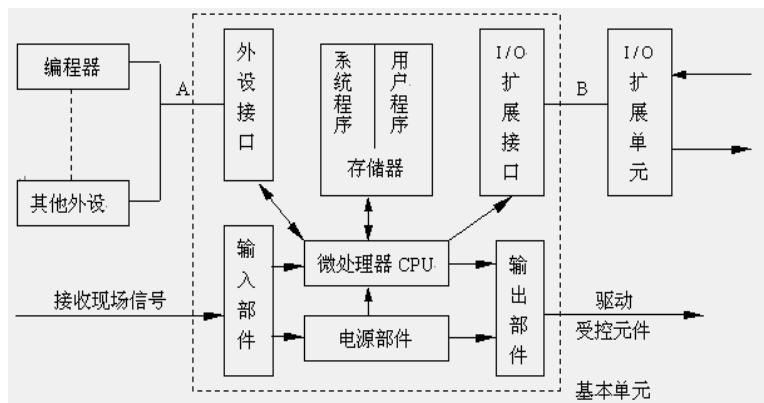


图 2-7 S7-200 系列 PLC 的组成

1. 中央处理单元(CPU)

与计算机一样，CPU 是 PLC 的逻辑运算和控制中心，接受输入的用户程序和数据，诊断电源以及 PLC 内部电路的工作故障和编程中的语法错误，通过输入接口接受现场的状态和数据，并存入映像寄存器和数据存储器，读取用户程序，解释后并执行，根据执行的结果，更新标志位，输出控制信号。

2. 存储器

在 PLC 中，存储器主要用来存放系统程序、用户程序以及工作数据。常用的存储器主要有两种：一种是可读/写操作的随机存储器(RAM)，另一种是只读存储器(ROM、PROM、EPROM 和 EEPROM)。

PLC 在 ROM 存储器中固化了系统程序，不可以修改；而 RAM 存储器中则存放用户程序和工作数据，在 PLC 断电时，由锂电池供电(或采用 Flash 存储器，不需要锂电池)。

3. 输入/输出单元

输入接口用来完成输入信号的引入、滤波及电平转换。输入接口电路如图 2-8 所示。

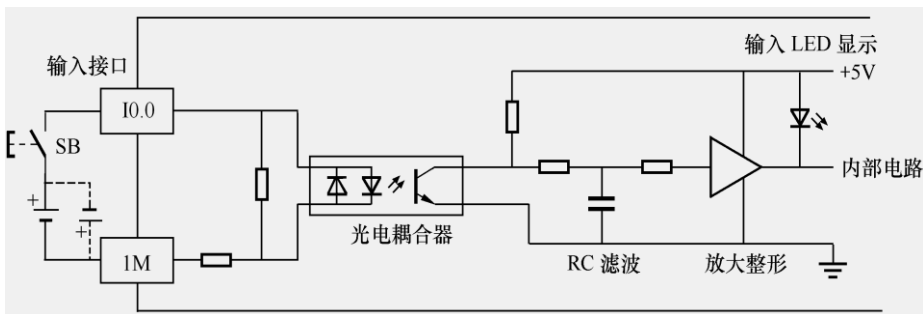


图 2-8 PLC 的输入接口电路

输入接口电路的主要器件是光电耦合器。光电耦合器可以提高 PLC 的抗干扰能力和安全性能，进行高低电平(24V/5V)转换。输入接口电路的工作原理如下：当输入端按钮 SB

未闭合时,光电耦合器中的发光二极管不导通,光敏三极管截止,放大器输出高电平信号到内部数据处理电路,输入端口 LED 指示灯灭;当输入按钮 SB 闭合时,光电耦合器中的发光二极管导通,光敏三极管导通,放大器输出低电平信号到内部数据处理电路,输入端口 LED 指示灯亮。对于 S7-200 直流输入系列的 PLC,输入端直流电源额定电压为 24V,既可按源型接线,也可按漏型接线。S7-200 也有交流输出系列的 PLC。

输入/输出单元通常也称 I/O 单元或 I/O 模块,是 PLC 与工业生产现场之间连接的部件。PLC 通过输入单元,可以检测被控对象的各种数据,将这些数据作为 PLC 对控制对象进行控制的依据,同时,PLC 也可通过输出单元将处理结果送给被控制对象,以实现控制的目的。

4. 通信接口

为了实现人机交互,PLC 配有各种通信接口。PLC 通过这些通信接口,可与监视器、打印机,以及其他的 PLC 或计算机等设备实现通信。通信接口是 PLC 与外界交换信息和写入程序的通道,S7-200 系列 PLC 的通信接口类型是 RS-485。

5. 智能接口模块

智能接口模块是一独立的计算机系统,它有自己的 CPU、系统程序、存储器以及与 PLC 系统总线相连的接口。它作为 PLC 系统的一个模块,通过总线与 PLC 相连,进行数据交换,并在 PLC 的协调管理下独立地进行工作。

6. 编程装置

编程装置的作用是供用户编辑、调试、输入用户程序,也可在线监控 PLC 内部的状态和参数,与 PLC 进行人机对话。

7. 电源

PLC 配有开关电源,将外部电源转换为 PLC 内部器件使用的各种电压(通常是 5V、24V DC),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,对电网稳定度要求不高。备用电源采用锂电池。

8. 其他外部设备

除了以上所述的部件和设备外,PLC 还有许多其他外部设备,如 EPROM 写入器、外存储器、人机接口装置等。EPROM 写入器是用来将用户程序固化到 EPROM 存储器中的一种 PLC 外部设备。外存储器主要用来存储用户程序,它一般通过编程器或其他智能模块接口与内存储器之间进行数据传送。人机接口装置是用来实现人机对话的。

2.2 S7-200 系列 PLC 的内部元器件

PLC 是以微处理器为核心的专用计算机,用户的程序和 PLC 的指令是相对于元器件而言的,PLC 元器件是 PLC 内部的具有一定功能的器件,这些器件实际上由电子电路和寄存器及存储器单元等组成,习惯上,我们也把它们称为继电器,为了把这种继电器与传统电



气控制电路中的继电器区别开来，有时也称为软继电器或软元件。本节从数据存储类型、元器件的编址方式、存储空间、功能等角度叙述各种元器件的使用方法。

2.2.1 数据存储类型

S7-200 CPU 内部元器件的功能相互独立，在数据存储器中都有一个地址，可依据存储器地址来存储数据。

1. 数据长度

计算机中使用的都是二进制数，在 PLC 中，通常使用位、字节、字、双字来表示数据，它们占用的连续位数称为数据长度。

二进制的 1 位(bit)只有“0”和“1”两种不同的取值。在 PLC 中，一个位可对应一个继电器或开关，继电器的线圈得电或开关闭合，相应的状态位为“1”；若继电器的线圈失电或开关断开，其对应位为“0”。

8 位二进制数组成一个字节(Byte)，其中的第 0 位为最低位(LSB)，第 7 位为最高位(MSB)。两个字节组成一个字(Word)，在 PLC 中又称为通道，即一个通道由 16 位继电器组成。两个字组成一个双字(Double Word)。一般用二进制补码表示有符号数，其最高位为符号位，最高位为 0 时是正数，最高位为 1 时是负数。

2. 数据类型及范围

S7-200 系列 PLC 的数据类型主要有布尔型(BOOL)、整数型(INT)和实数型(REAL)。布尔逻辑型数据是由“0”和“1”构成的字节型无符号的整数；整数型数据包括 16 位单字和 32 位有符号整数；实数型数据又称浮点型数据，它采用 32 位单精度数来表示。数据类型、长度及范围见表 2-2。

表 2-2 数据类型、长度及范围

基本数据类型	无符号整数		有符号整数	
	十进制	十六进制	十进制	十六进制
字节 B(8)	0~255	0~FF	-128~+127	80~7F
字 W(16)	0~65535	0~FFFF	-32767~32768	8000~7FFF
双字 D(32)	0~4294967295	0~FFFFFFFF	-2147483648 ~2147483647	80000000 ~7FFFFFFF
BOOL(1)	0~1			
实数(32)	-10 ³⁸ ~10 ³⁸ (IEEE32 浮点数)			

3. 常数

西门子 S7-200 系列 PLC 的常数根据长度可分为字节、字和双字。在机器内部的数据都以二进制存储，但常数的书写可以用二进制、十进制、十六进制、ASCII 码或实数等多种形式。几种常数形式分别见表 2-3。

表 2-3 几种常数的表示方法

进 制	书写格式	举 例
十进制	十进制数值	01234
十六进制	16#十六进制值	16#7BD
二进制	2#二进制值	2#0101 1011 0011 1011
ASCII 码	‘ASCII 码文本’	‘school’
浮点数	ANSI/IEEE 754-1985 标准	+1.175495E-38 ~ +3.402823E+38
		-1.175495E-38 ~ -3.402823E+38

2.2.2 数据的编址方式

数据存储器的编址方式主要是对位、字节、字、双字进行编址。

1. 位编址

位编址的方式为：(区域标志符)字节地址.位地址，如 I2.1、Q0.4、V3.2、I2.1，其中的区域标识符“**I**”表示输入，字节地址是 2，位地址为 1。

2. 字节编址

字节编址的方式为：(区域标志符)**B** 字节编址，如 IB2 表示输入映像寄存器由 I2.0~I2.7 这 8 位组成。

3. 字编址

字编址的方式为：(区域标志符)**W** 起始字节地址，最高有效字节为起始字节，如 VW101 包括 VB101 和 VB102，即表示由 VB101 和 VB102 这两个字节组成的字。

4. 双字编址

双字编址的方式为：(区域标志符)**D** 起始字节地址，最高有效字节为起始字节，如 VD100 表示由 VB100~VB103 这 4 个字节组成的双字。

2.2.3 PLC 内部元器件及编址

在 S7-200 PLC 的内部，元器件包括输入映像寄存器(I)、输出映像寄存器(Q)、变量存储器(V)、位存储器(M)、顺序控制继电器(S)、特殊存储器(SM)、局部存储器(L)、定时器(T)、计数器(C)、模拟量输入映像寄存器(AI)、模拟量输出映像寄存器(AQ)、累加器(AC)、高速计数器(HC)。

1. 输入继电器(I)

输入继电器与 PLC 的输入端子相连，是专设的输入过程映像寄存器，用来接收外部传感器或开关元件发来的信号。

输入继电器一般采用八进制编号，一个端子占用一个点。图 2-9 所示为输入继电器的



等效电路图，当外部按钮驱动时，其线圈接通，常开、常闭触点的状态发生相应变化。输入继电器不能由程序驱动，其触点不能直接输出带负载。

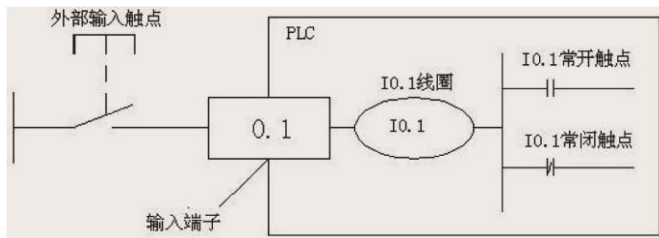


图 2-9 输入继电器的等效电路

2. 输出继电器(Q)

输出继电器是 PLC 向外部负载发出控制命令的窗口，是专设的输出过程映像寄存器。输出继电器的外部输出触点接到输出端子上，以控制外部负载。输出继电器的外部输出执行器件有继电器、晶体管 and 晶闸管 3 种。图 2-10 表示输出继电器的等效电路，当程序驱动输出继电器接通时，它所连接的外部电器被接通，同时，输出继电器的常开、常闭触点动作，可在程序中使用。

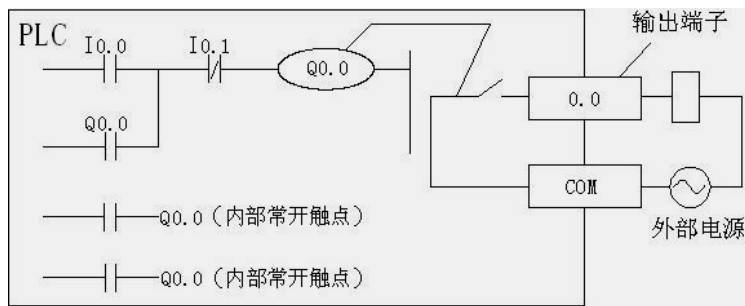


图 2-10 输出继电器的等效电路

3. 位存储器(M)

位存储器也称辅助继电器或通用继电器，它如同继电器控制接触系统中的中间继电器，用来存储中间操作数或其他控制信息。在 PLC 中没有输入输出端与之对应，因此辅助继电器的线圈不直接受输入信号的控制，其触点不能驱动外部负载。

位存储器可按位、字节、字、双字来存取数据。如 M12.4、MB1、MW10、MD30。S7-200 的 PLC 位存储器的寻址区域为 M0.0~M31.7。

4. 特殊存储器(SM)

SM 存储器为 CPU 与用户程序之间传递信息提供了一种变通。用户可以用这些特殊的标志位提供的信息，来控制 S7-200 CPU 的一些特殊功能。用户可以按位、字节、字或双字的形式来存取。

用户可以通过特殊标志来沟通 PLC 与被控对象之间的信息，如可以读取程序运行过程中的设备状态和运算结果信息，利用这些信息，通过程序实现一定的控制动作，用户也可

通过直接设置某些特殊标志继电器位，来使设备实现某种功能。例如 SM0.1 仅在第一个扫描周期为“1”状态，常用来对程序进行初始化，属于只读型。

SM0.4: 提供 1min 的时钟脉冲，属于只读型。

SM36.5: HSCO 当前计数方向控制，置位时，递增计数，属于可写型。

5. 变量存储器(V)

变量存储器用来存储全局变量、存放程序执行过程中控制逻辑的中间结果、保存与工序或任务相关的其他数据。

6. 局部存储器(L)

局部存储器用来存放局部变量，类似变量存储器，但变量存储器是对全局有效，而局部存储器是局部有效。全局是指同一个存储器可以被任何程序存取；而局部是指存储器与特定的程序相关联。

局部变量存储器可按位、字节、字、双字使用。PLC 运行时，根据需要动态地分配局部存储器：在执行主程序时，分配给子程序或中断程序的局部变量存储区是不存在的，当子程序调用或出现中断时，需要为之分配局部存储器，新的局部存储器可以是曾经分配给其他程序块的同一个局部存储器。不同程序的局部存储器不能互相访问。

7. 顺序控制继电器(S)

顺序控制继电器又称状态元件，用于机器的顺序控制或步进控制。它可按位、字节、字或双字来存取 S 位，有效编址范围为 S0.0~S31.7。

8. 定时器(T)

PLC 中的定时器作用相当于时间继电器，定时器的设定值由程序赋值。每个定时器有一个 16 位的当前值寄存器及一个状态位，称为 T.bit。定时器的计时过程采用时间脉冲计数的方式。

S7-200 PLC 定时器的精度有 3 种：1ms、10ms 和 100ms，有效范围为 T0~T255。

9. 计数器(C)

计数器用来累计输入脉冲的次数，其结构与定时器类似，使用时要提前输入它的设定值，通常设定值在程序中赋予，有时也可根据需求在外部进行设定。S7-200 PLC 提供 3 种类型的计数器：加计数器、减计数器、加减计数器，有效范围为 C0~C255。

10. 高速计数器(HC)

高速计数器的工作原理与普通计数器基本相同，它用来累计比 CPU 扫描速度更快的事件。高速计数器的当前值为双字长(32 位)的有符号整数，且为只读值。高速计数器的地址由符号 HC 和编号组成，如 HC0、HC1、...、HC5。

11. 模拟量输入/输出(AIW/AQW)

模拟量经 A/D、D/A 转换，在 PLC 外为模拟量，在 PLC 内为数字量。模拟量输入/输出元件为模拟量输入/输出的专用存储单元。



12. 累加器(AC)

累加器是用来暂存数据、计算的中间数据和结果数据、向子程序传递的参数、从子程序返回的参数等的寄存器，它可以像存储器一样使用读/写存储区。S7-200 PLC 提供 4 个 32 位累加器(AC0~AC3)，使用时可按字节、字、双字的形式存取累加器中的数据。以字节或字为单位存取时，累加器只使用了低 8 位或低 16 位，被操作数据的长度取决于访问累加器时所使用的指令。

2.3 S7-200 CPU 存储器区域的寻址方式

对数据存储区进行读写访问的方式即为寻址方式。S7-200 的寻址方式有立即数寻址、直接寻址和间接寻址三大类。立即数寻址的数据在指令中以常数形式出现；直接寻址是指在指令中直接给出存储器或寄存器的名称和地址编号，直接存取数据；间接寻址是指使用地址指针间接给出要访问的存储器或寄存器的地址。下面介绍直接寻址和间接寻址方式。

2.3.1 CPU 存储区域的直接寻址方式

1. 位寻址方式

位寻址是指明存储器或寄存器的元件名称、字节地址和位号的一种直接寻址方式。

格式：标识符 字节地址.位地址

图 2-11 所示是输入继电器的位寻址方式举例。

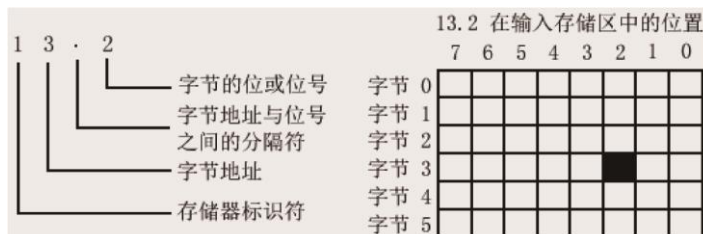


图 2-11 CPU 存储器中位数据的表示方法和位寻址方式

可以进行位寻址的编程元件有 I、Q、M、SM、L、V、S。

2. 字节、字和双字的寻址方式

对数据存储区以 1 个字或 2 个字节或 4 个字节为单位进行一次读写访问。

格式：标识符 数据长度类型 字节起始地址

其中，数据长度类型包括字节、字和双字，分别用 B(Byte)、W(Word)和 D(Double Word)表示。图 2-12 所示为 VB100、VW100、VD100 三种寻址方式所对应访问的存储器空间。

按字节寻址的元器件有：I、Q、M、SM、S、V、L、AC、常数。

按字寻址的元器件有：I、Q、M、SM、S、V、L、AC、常数、T、C。

按双字寻址的元器件有：I、Q、M、SM、S、V、L、AC、常数、HC。



要访问单元的地址装入用来作为指针的存储器单元或寄存器，装入的是地址而不是数据本身，格式如下：

```
MOVD  &VB10, AC1
MOVD  &VB100, VD200
MOVD  &C3, LD16
```

其中，&为地址符号，它与单元编号结合，表示所对应单元的 32 位物理地址；VB10 只是一个直接地址编号，并不是它的物理地址。指令中的第二个地址数据长度必须是双字长，如 AC、VD 和 LD 等。

2. 用指针来存取数据

在操作数的前面加“*”表示该操作数为一个指针。

如图 2-13 所示，AC1 为指针，用来存放要访问的操作数的地址。在这个例子中，存于 VB200、VB201 中的数据被传送到 AC0 中去。

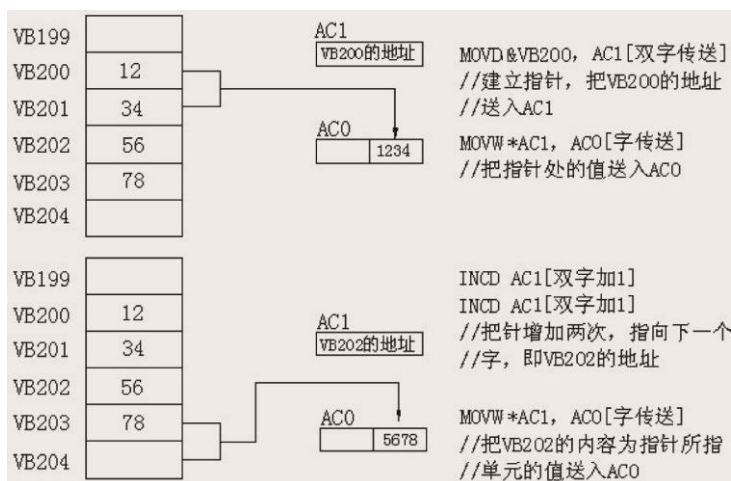


图 2-13 建立指针、存取数据及修改指针

3. 修改指针

处理连续存储的数据时，通过修改指针，很容易存取紧挨着的数据。简单的数学运算指令，如加法、减法、自增和自减等指令可以用来修改指针。在修改指针时，要记住访问数据的长度：在存取字节时，指针加 1；在存取字时，指针加 2；在存取双字时，指针加 4。图 2-13 说明了如何建立指针、如何存取数据及修改指针。

本章小结

不同 PLC 厂家的产品各具特色，通过深入学习，熟练掌握一种型号的 PLC 的使用，可使我们对其他产品的学习变得容易和轻松。

本章以 S7-200 系列 PLC 为对象，详细介绍了其结构、软元件及寻址方式。

(1) S7-200 系列 PLC 有 4 种 CPU 型号，它们都是整体机，有的可以加载扩展模块和

特殊模块。

本系列 PLC 在许多方面，如输入、输出、存储系统、高速输出、实时时钟、网络通信等方面具有自己的独特功能。

(2) 通过输入和输出扩展，可增加实际应用的 I、O 点数，但输入、输出扩展或加载其他特殊功能模块时，必须遵循一定的原则。

通过 PLC 组态(configure)可以配置主机及相连的模块，使其在一定的模式下工作。

(3) 应学会分析和参考 PLC 的技术性能指标表。这是衡量各种不同型号 PLC 产品性能的依据，也是根据实际需求选择和使用 PLC 的依据。

(4) PLC 编程时用到的数据及数据类型可以是布尔型、整型和实型；指令中的常数可用二进制、十进制、十六进制、ASCII 码或浮点数据来表示。

(5) S7-200 系列 PLC 有直接寻址和间接寻址两种寻址方式。PLC 内部的编程元件有多种，每种元件都可进行直接寻址。对于部分元件，当处理多个连续单元中的多个数据时，间接寻址非常方便。

习 题

(1) 一个控制系统如果需要 12 点数字量输入，30 点数字量输出，10 点模拟量输入和 2 点模拟量输出，回答以下问题。

- ① 可以选用哪种主机型号？
- ② 如何选择扩展模块？
- ③ 各模块如何连接到主机？画出连接图。
- ④ 根据所画出的连接图，其主机和各模块的地址如何分配？

(2) S7-200 系列 PLC 主机中有哪些主要编程元件？各编程元件如何直接寻址？

(3) 什么是间接寻址？如何使用？

(4) 采用间接寻址方式设计一段程序，将 10 个字节的数据存储在从 VB100 开始的存储单元中，这些数据为 12, 35, 65, 78, 56, 76, 88, 60, 90 和 47。