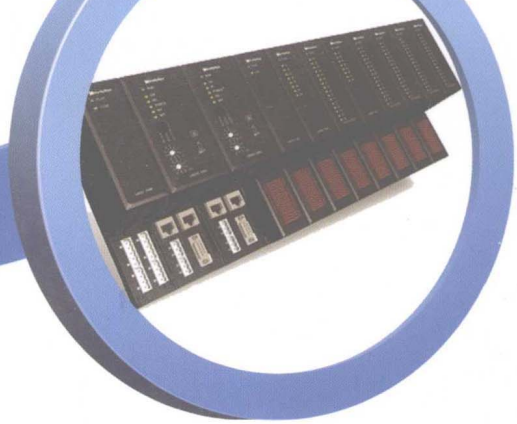
西门子 S7-200 PLC 数据通信及测控应用

李江全 刘 荣
李 华 龚立娇 等编著



本书含CD光盘1张

选用典型的PLC来讲解数据通信和测控的应用
实例程序分别采用Visual C++、C++ Builder和Delphi语言来实现
配套光盘包括实例源程序、程序运行录屏、系统测试录像，方便读者学习

電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

西门子 S7-200 PLC 数据通信及测控应用

李江全　刘　荣
李　华　龚立娇　等编著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书从应用的角度出发系统地介绍了西门子 S7-200 PLC 数据通信技术，内容包括 S7-200 PLC 的特殊功能模块，PC 编程软件的串行通信开发工具；PLC 数据通信目的、类型和连接方式，个人计算机与 PLC 的通信方法、通信内容和通信方式；S7-200 PLC 的数据通信协议与编程实例，PLC 与 PLC 串口通信编程实例；应用 S7-200 PLC 的 PPI 协议与自由端口模式，采用 Visual C++、C++ Builder 和 Delphi 语言编写 PC 与 S7-200 PLC 串口通信程序，实现 PLC 模拟量输入/输出、开关量输入/输出。

本书内容丰富，可供各类自动化、计算机应用、机电一体化等专业的大学生、研究生学习西门子 S7-200 PLC 数据通信技术，也可供计算机控制系统研发的工程技术人员参考。

为方便读者学习，本书提供配套光盘，内容包括实例源程序、程序运行录屏、系统测试录像等。

图书在版编目（CIP）数据

西门子 S7-200 PLC 数据通信及测控应用/李江全等编著. —北京：电子工业出版社，2011.7
ISBN 978-7-121-13959-8

Ⅰ. ①西… Ⅱ. ①李… Ⅲ. ①可编程序控制器－数据通信 Ⅳ. ①TM571.6 ②TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 129727 号

责任编辑：田宏峰　　特约编辑：刘　涛
印　　刷：北京天宇星印刷厂
装　　订：三河市鹏成印业有限公司
出版发行：电子工业出版社
　　北京市海淀区万寿路 173 信箱　邮编　100036
开　　本：787×1 092　1/16　印张：18　字数：457 千字
印　　次：2011 年 7 月第 1 次印刷
印　　数：4 000 册　　定价：49.00 元（含 CD 光盘 1 张）

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

前　言

可编程序逻辑控制器（简称为 PLC）主要是为现场控制而设计的，其人机界面主要是开关、按钮、指示灯等。因其良好的适应性和可扩展能力而得到越来越广泛的应用。采用 PLC 的控制系统或装置具有可靠性高、易于控制、系统设计灵活、能模拟现场调试、编程使用简单、性价比高、抗干扰能力强等特点。但是，PLC 也有不易显示各种实时图表、曲线和汉字，无良好的用户界面，不便于监控等缺陷。

现代 PLC 的通信功能很强，可以实现 PLC 与计算机、PLC 与 PLC、PLC 与其他智能控制装置之间的通信连网。PLC 与计算机连网，可以发挥各自所长。PLC 用于现场设备的直接控制，作为下位机，执行可靠有效的分散控制。计算机作为上位机可以提供良好的人机界面，进行系统的监控和管理，进行程序编制、参数设定和修改、数据采集等，既能保证系统性能，又能使系统操作简便，便于生产过程的有效监督。PLC 与 PLC 连网能够扩大控制地域，提高控制规模，还可以实现 PLC 之间的综合协调控制；PLC 与智能控制装置（如智能仪表）连网，可以有效地对智能装置实施管理，充分发挥这些装置的效益。除此之外，连网可极大节省配线，方便安装，提高可靠性，简化系统维护等。因此，要求 PLC 与计算机、PLC、其他智能控制装置之间具有稳定、可靠的数据通信。

本书从应用的角度系统地介绍了西门子 S7-200 PLC 数据通信技术。内容包括 S7-200 PLC 的特殊功能模块，PC 编程软件的串行通信开发工具；PLC 数据通信目的、类型和连接方式，个人计算机与 PLC 的通信方法、通信内容和通信方式；S7-200 PLC 的数据通信协议与编程实例，PLC 与 PLC 串口通信编程实例；应用 S7-200 PLC 的 PPI 协议与自由端口模式，采用 Visual C++、C++ Builder 和 Delphi 语言编写 PC 与 S7-200 PLC 串口通信程序，实现 PLC 模拟量输入与输出、开关量输入与输出。

本书内容丰富，可供各类自动化、计算机应用、机电一体化等专业的大学生、研究生学习西门子 S7-200 PLC 数据通信技术，也可供计算机控制系统研发的工程技术人员参考。

为方便读者学习，本书提供配套光盘，内容包括实例源程序、程序运行录屏、系统测试录像等。

本书由石河子大学李华编写第 1、2 章，龚立娇编写第 3 章，刘荣编写第 4 章，李江全编写第 5 章，全书由李江全担任主编并统稿，刘荣，李华担任副主编。参与编写、程序设计、插图绘制和文字校核工作的人员还有田敏、刘思博、朱东芹、郑瑶、邓红涛、李宏伟、郑重、任玲、王洪坤、汤智辉、胡蓉等老师。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥或错误之处，恳请广大读者批评指正。

编　者

目　录

第1章 西门子 S7-200 PLC 简介

可编程序逻辑控制器（Programmable Logic Controller，PLC，有时也简称为可编程序控制器，如图 1-1 所示）最初用于机械制造行业的顺序控制器，是与集散控制系统完全不同的两种技术，其高可靠性是公认的。经过几十年的发展，PLC 增加了许多功能。例如，通信功能、模拟控制功能、远程数据采集功能等。人们很快发现，用 PLC 构成一个网络是一个不错的选择。现在，在许多场合利用 PLC 网络构成一个计算机监控系统，或将其作为集散控制系统的一个下位机子系统，此种方案基本上成为了首选。

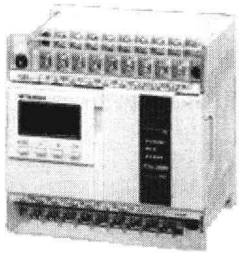


图 1-1 PLC 产品

1.1 PLC 的硬件结构

1.1.1 PLC 的基本概念

现代社会要求制造业能对市场需求迅速做出反应，生产出小批量、多品种、多规格、低成本和高质量的产品。为了满足这一要求，生产设备和自动生产线的控制系统必须具有极高的可靠性和灵活性，PLC 正是顺应这一要求出现的，它是以微处理器为基础的通用工业控制装置。

PLC 的应用面广、功能强大、使用方便，已经广泛地应用在各种机械设备和生产过程的自动控制系统中。PLC 在其他领域，例如在民用和家庭自动化的应用中也得到了迅速的发展。目前 PLC 仍然处于不断的发展之中，其功能在不断增强，而且更为开放，它不但是单机自动化中应用最广的控制设备，在大型工业网络控制系统中也占有不可动摇的地位。PLC 应用面之广、普及程度之高，是其他计算机控制设备所无法比拟的。

国际电工委员会（IEC）在 1985 年对 PLC 作了如下定义：“可编程序控制器是一种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，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令，并通过数字式、模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关设备，都应按易于使工业控制系统形成一个整体，易于扩充其功能的原则设计。”从上述定义可以看出，PLC 是一种用程序来改变控制功能的工业控制计算机，除了能完成各种各样的控制功能外，还有与其他计算机通信连网的功能。

本书以西门子公司的 S7-200 系列小型 PLC 为讲授对象。S7-200 具有极高的可靠性、丰富的指令集和内置的集成功能、强大的通信能力和品种丰富的扩展模块。S7-200 可以单机运行，用于代替继电器控制系统，也可以用于复杂的自动化控制系统。由于它有极强的通信功能，在网络控制系统中也能充分发挥其作用。

1.1.2 PLC 的硬件组成

可编程序控制器是基于微处理器技术的通用工业自动化控制设备。它采用了计算机的设计思想，实际上就是一种特殊的工业控制专用计算机，只不过它的最主要的功能是数字逻辑控制。因此，PLC 具有与通用的微型个人计算机相类似的硬件结构。PLC 由中央处理器（CPU）、存储器、输入/输出接口、智能接口模块和编程器构成，其结构如图 1-2 所示。

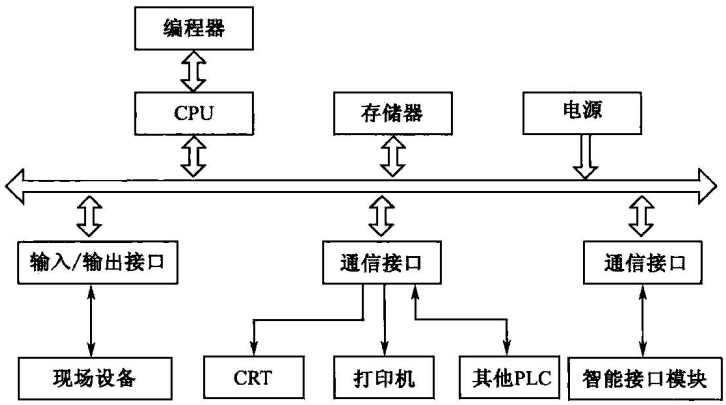


图 1-2 PLC 组成框图

1. 中央处理器（CPU）

中央处理器是整个 PLC 的核心组成部分，是系统的控制中枢。它的主要功能是实现逻辑运算、数学运算，协调控制可编程序控制器内部的各部分工作。PLC 的 CPU 内部结构与微型计算机的 CPU 结构基本相同，PLC 的整体性能取决于 CPU 的性能，因此，常用的 CPU 主要是通用的微处理器、单片机或工作速度较快的双极型位片式微处理器。

2. 存储器

存储器主要用于存放系统程序、用户程序以及工作时产生的数据。系统程序是指控制 PLC 完成各种功能的系统管理程序、监控程序、用户逻辑解释程序、标准子程序模块和各种系统参数，由 PLC 生产厂家编写并固化在只读存储器（ROM）中。用户程序指由用户根据工业现场的要求所编写的控制程序，允许用户修改，最终固化并存储于 PLC 中。

PLC 的存储空间根据存储的内容可分为：系统程序存储区、系统 RAM 存储区和用户程序存储区。

3．输入/输出接口

输入/输出接口是可编程序控制器与现场各种信号相连接的部件，要求它能够处理这些信号并具有抗干扰能力。因此，输入/输出接口通常配有电子变换、光电隔离和滤波电路。输入/输出接口可分为数字量输入、数字量输出、模拟量输入和模拟量输出。

数字量（开关量）输入信号类型有直流和交流两种，均采用光电隔离器件实现现场电信号与 PLC 内部在电气上的隔离，同时转换成系统内统一的信号范围。输出接口除了具有光电隔离外，还具有各种输出方式：有的采用直流输出方式，有的采用交流输出方式，也有的采用继电器输出方式等。

模拟量有各种类型，包括 0～10 V、-10～10 V、4～20 mA。它们首先要进行信号处理。将输入模拟量转换成统一的电压信号，然后进行模拟量到数字量的转换，即 A/D 转换。通过采样、保持和多路开关的切换，多个模拟量的 A/D 转换就可以共用一个 A/D 转换器来完成。转换为数字量的模拟量就可以通过光电隔离、数据驱动输入到 PLC 内部。

模拟量的输出是把可编程序控制器内的数字量转换成相应的模拟量输出，因此，它是与输入相反的过程。整个过程可分为光电隔离、D/A 转换和模拟信号驱动输出等环节。PLC 内的数字量经过光电隔离实现两部分电路上的电气隔离，数字量到模拟量的转换由数/模转换器（即 D/A 转换器）完成，转换后的模拟量再经过运算放大器等模拟器件进行相应的驱动，形成现场所需的控制信号。

4．智能接口模块

为了进一步提高 PLC 的性能，各大 PLC 厂商除了提供以上输入/输出接口外，还提供各种专用的智能接口模块，用以满足各种控制场合的要求。智能接口模块是 PLC 系统中的一个较为独立的模块，它们具有自己的处理器和存储器，通过 PLC 内部总线在 CPU 的协调管理下独立地进行工作。智能接口模块既扩展了 PLC 可处理的信号范围，又可使 CPU 能处理更多的控制任务。

智能接口模块包括高速脉冲计数器、定位控制智能单元、PID 调节智能单元、PLC 网络接口、PLC 与计算机通信接口、传感器输入智能单元等。

5．编程器

编程器用来生成用户程序，并用它来编辑、检查、修改用户程序，监视用户程序的执行情况。手持式编程器不能直接输入和编辑梯形图，只能输入和编辑指令表程序，因此又称为指令编程器。它的体积小，价格便宜，一般用来给小型 PLC 编程，或者用于现场调试和维护。

使用编程软件可以在计算机屏幕上直接生成和编辑梯形图或指令表程序，并且可以实现不同编程语言之间的相互转换。程序被编译后下载到 PLC，也可以将 PLC 中的程序上传到计算机。程序可以存盘或打印，还可以通过网络或电话线实现远程编程和传送。

现在的发展趋势是用编程软件取代手持式编程器，西门子 PLC 只用编程软件编程。对 S7-200 进行编程时，应配备一台安装有 STEP 7-Micro/WIN 编程软件的计算机，和一根连接计算机和 PLC 的 RS-232/PPI 通信电缆或 USB/PPI 多主站电缆。现在的笔记本电脑一般都没有 RS-232C 通信接口，可以选用 USB/PPI 电缆，用 USB 接口与 PLC 通信。

6. 电源

PLC 使用 AC 220 V 电源或 DC 24 V 电源。内部的开关电源为各模块提供不同电压等级的直流电源。小型 PLC 可以为输入电路和外部的电子传感器（如接近开关）提供 DC 24 V 电源，驱动 PLC 负载的直流电源一般由用户提供。

1.1.3 PLC 的工作原理

PLC 的工作方式采用循环扫描，其扫描过程如图 1-3 所示。扫描时有两个状态：处于停止（STOP）状态时，只进行内部处理和通信操作服务等内容；处于运行（RUN）状态时，从内部处理、通信操作、程序输入、程序执行到程序输出，一直在循环扫描进行工作。

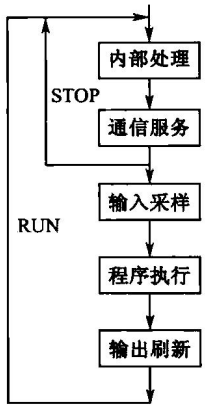


图 1-3 循环扫描工作过程

PLC 执行程序有三个阶段：输入采样阶段、程序执行阶段和输出刷新阶段，如图 1-4 所示。

1. 输入采样阶段

在输入采样阶段，PLC 以扫描工作方式顺序对所有的输入端进行采样，并存入输入映像寄存器中，这时输入映像寄存器被刷新。接着进入程序执行阶段，在程序执行阶段或其他阶段，即使输入状态发生变化，输入映像寄存器的内容也不会改变，输入状态的改变只有在下一个扫描周期的输入采样阶段才能被采样到。

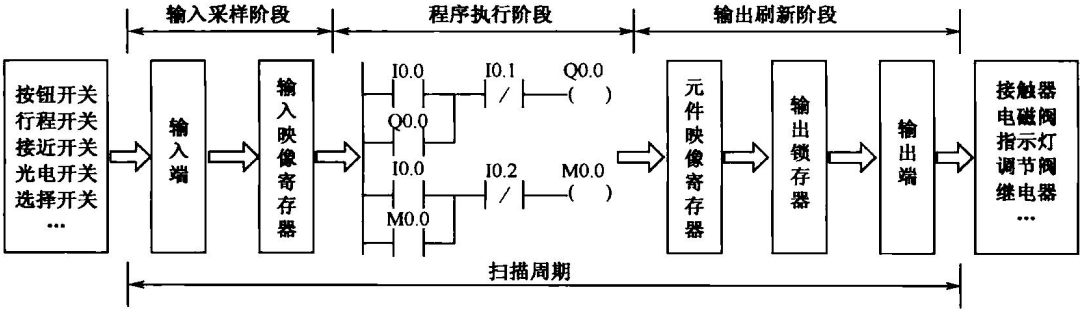


图 1-4 PLC 执行程序过程

2. 程序执行阶段

在程序执行阶段，PLC 对程序按顺序进行扫描。如果程序用梯形图表示，应按先上后下、先左后右的顺序执行。当遇到程序跳转指令时，根据是否满足跳转条件来决定程序是否跳转。当指令中涉及输入/输出状态时，PLC 从输入映像寄存器和元件映像寄存器中读出，根据用户程序进行运算，运算的结果再存入元件映像寄存器中。对于元件映像寄存器来说，其内容会随程序执行的过程而变化。

3. 输出刷新阶段

当所有程序执行完毕后，进入输出处理阶段。在这一阶段里，PLC 将输出映像寄存器中与输出有关的状态（输出继电器状态）转存到输出锁存器中，通过隔离电路输出，驱动外部负载。

4. 工作过程

PLC 在输入采样阶段只对输入端进行扫描。当 PLC 进入程序执行阶段后，输入端将被封锁，直到下一个扫描周期的输入采样阶段才对输入重新进行采样。这种方式称为集中采样。

PLC 在程序循环扫描中采用“串行”方式工作，这种串行工作方式避免了继电器-接触器控制系统中触点竞争和时序失配的问题。同时，扫描周期是 PLC 的一个很重要的指标，小型 PLC 的扫描周期按用户程序的长短而论，一般为十几到几十毫秒。

PLC 在输出刷新阶段，如果在用户程序中对输出结果多次赋值，则最后一次有效。在一个扫描周期内，只在输出刷新阶段才将输出映像寄存器中的内容输出，对输出接口进行刷新。在其他阶段输出状态一直保存在输出映像寄存器中。这种方式称为集中输出。

对于小型 PLC，其 I/O 点数较少，用户程序较短，一般采用集中采样、集中输出的工作方式，虽然在一定程度上降低了系统的响应速度，但使得 PLC 工作时大多数时间与外部 I/O 设备隔离，从而提高了系统的抗干扰能力，增加了系统的可靠性。而大中型 PLC，其 I/O 点数较多，控制能力强，用户程序较长，为了提高系统响应速度，可以采用定期采样、定期输出方式，或中断输入/输出方式以及采用智能 I/O 接口等多种方式。

1.1.4 PLC 的操作模式

1. 操作模式

PLC 有两种操作模式，即 RUN（运行）模式与 STOP（停止）模式。在 CPU 模块的面板上用“RUN”和“STOP”LED 显示当前的操作模式。

在 RUN 模式，通过执行反映控制要求的用户程序来实现控制功能。

在 STOP 模式，CPU 不执行用户程序，可以用编程软件创建和编辑用户程序，设置 PLC 的硬件功能，并将用户程序和硬件设置信息下载到 PLC。

如果有致命错误，在消除它之前不允许从 STOP 模式进入 RUN 模式。PLC 操作系统存储非致命错误供用户检查，但是不会从 RUN 模式自动进入 STOP 模式。

2. 用模式开关改变操作模式

CPU 模块上的模式开关在 STOP 位置时，将停止用户程序的运行；在 RUN 位置时，将启动用户程序的运行。模式开关在 STOP 或 TERM（Termianal，终端）位置时，电源通电后 CPU 自动进入 STOP 模式；在 RUN 位置时，电源通电后自动进入 RUN 模式。

3. 用 STEP7-Micro/WIN 编程软件改变操作模式

用编程软件控制 CPU 的操作模式必须满足下面的两个条件：

- 在编程软件与 PLC 之间建立起通信连接；
- 将 PLC 的模式开关放置在 RUN 模式或 TERM 模式。

在编程软件中单击工具条上的运行按钮或执行菜单命令“PLC/RUN”，将进入 RUN 模式。单击停止按钮或执行菜单命令“PLC/STOP”，将进入 STOP 模式。

4．在程序中改变操作模式

在程序中插入 STOP 指令，可以使 CPU 由 RUN 模式进入 STOP 模式。

1.2 PLC 的软件结构

1.2.1 PLC 的软件组成

可编程序控制器（PLC）作为一种具有通信功能与可扩展输入/输出接口的工业计算机，它必须具备相应的控制软件。PLC 控制软件（系统程序）根据生产厂家、型号的不同有所区别，但总体上说，可以分为系统程序和应用程序两大部分，两者相对独立。系统程序和应用程序又包括若干不同用途的组成程序，具体见下述。

1．系统程序

PLC 的系统程序一般由管理程序、指令译码程序、标准功能块三部分组成，其用途各不相同。

1）管理程序

管理程序是系统程序的主体，主要作用是控制 PLC 进行正常工作，包括以下三个方面。

（1）系统运行管理，如控制 PLC 输入采样、输出刷新、逻辑运算、自诊断、数据通信等的时间次序。

（2）系统内存管理，如规定各种数据、程序的存储区域与地址，将用户程序中使用的数据、存储地址转化为系统内部数据格式及实际的物理存储单元地址等。

通过系统内存管理，PLC 可以将有限的资源转变为可供用户程序使用的大量编程元件，如将实际 PLC 中存在的有限的 CTC 扩展为多个用户定时器、计数器等；并可建立起用户程序所使用的编程元件空间、程序存储空间与实际物理存储器、PIO、CTC 之间对应关系。

（3）系统自诊断。PLC 自诊断包括：系统错误检测、用户程序的语法检查、指令格式检查、通信超时检查等。当系统发生上述错误时，可进行相应的报警与提示。

2）指令译码程序

由于计算机最终可以执行的语言只能是机器码，为此，在 PLC 内部必须将编程语言编制的用户程序转化为机器码。指令译码程序的作用，就是在执行指令过程前将用户程序逐条“翻译”成为计算机能够识别的机器码。

指令译码需要一定的时间，它将降低 PLC 的处理速度，因此，在编制 PLC 用户程序时应尽可能简洁、明了，避免重复动作，这样不仅使程序便于检查，而且还可以提高程序的执行速度。

3）标准功能块

在部分 PLC 中（如 SIEMENS PLC），为了方便用户编程，PLC 生产厂家常将一些实现“标准动作”或特殊功能的 PLC 程序段，以类似“子程序”的形式存储于系统程序中，这样的“子程序”称为“标准功能块”。用户程序中如需完成“标准功能块”动作或功能，只须通过调用相应的“标准功能块”，并对其执行条件进行赋值即可。

标准功能块的多少代表了 PLC 的可编程性能，可以使用（调用）的“标准功能块”越多，用户程序编制就越容易、方便。

注意：以上所述的 PLC 系统程序，是指控制 PLC 系统自身运行的控制程序，它不向用户开放。因此，PLC 系统程序不包括用来支持 PLC 编程与调试的编程软件与仿真软件，后两种属于 PLC 编程、调试用工具软件的范畴。

2．应用程序

PLC 的应用程序是指 PLC 的使用者（用户）根据各种控制要求与控制条件编制的 PLC 用户控制程序，因此常称为“用户程序”。

应用程序的编制方法决定于所使用的编程工具（编程器与编程软件），目前最为常用的编程语言是梯形图，其程序通俗易懂，编程直观方便。此外，指令表、逻辑功能图、顺序功能图、流程图以及其他高级语言也可以在不同的场合使用。

1.2.2 PLC 的编程语言

IEC（国际电工委员会）的 PLC 编程语言标准（IEC61131-3）中有 5 种编程语言：顺序功能（Sequential Function Chart，SFC）、梯形图（Ladder Diagram，LD）、功能块图（Function Block Diagram，FBD）、指令表（Instruction List，IL）和结构文本（Structured Text，ST）。

其中的顺序功能图（SFC）、梯形图（LD）和功能块图（FBD）是图形编程语言，指令表（IL）和结构文本（ST）是文字语言。

目前已有越来越多的 PLC 生产厂家提供符合 IEC 61131-3 标准的产品，有的厂家推出的在个人计算机上运行的“软 PLC”软件包也是按 IEC 61131-3 标准设计的。

1．顺序功能图

顺序功能图（SFC）是一种位于其他编程语言之上的图形语言，用来编制顺序控制程序。顺序功能图提供了一种组织程序的图形方法，在其中可以用其他语言嵌套编程。步、转换和动作是顺序功能图中三种主要的元件（如图 1-5 所示）。顺序功能图用来描述开关量控制系统的功能，根据它可以很容易地画出顺序控制梯形图程序。

2．梯形图

梯形图（LD）是使用最广泛的 PLC 图形编程语言。梯形图与继电器控制系统的电

路图很相似，直观易懂，很容易被工厂熟悉继电气控制的工作人员掌握，特别适用于开关量逻辑控制。图 1-6 和图 1-7 分别用西门子 S7-200 PLC 的 3 种编程语言来表示同一逻辑关系。在西门子的说明书中将指令表称为语句表。

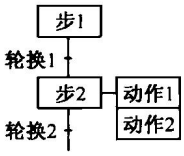


图 1-5　顺序功能图

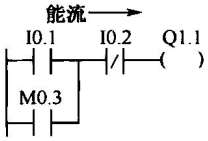


图 1-6　梯形图

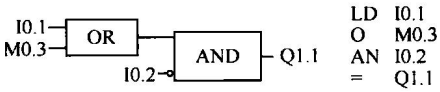


图 1-7　功能模块图与语句表

梯形图由触点、线圈和应用指令等组成。触点代表逻辑输入条件，例如外部的开关、按钮和内部条件等。线圈通常代表逻辑输出结果，用来控制外部的指示灯、交流接触器和内部的输出标志位等。

在分析梯形图中的逻辑关系时，为了借用继电器电路图的分析方法，可以想象左右两侧垂直母线之间有一个左正右负的直流电源电压（有时省略了右侧的垂直母线），当图 1-6 中 I0.1 与 I0.2 的触点接通，或 M0.3 与 I0.2 的触点接通时，有一个假想的“能流”（Power Flow）流过 Q1.1 的线圈。利用能流这一概念，可以帮助我们更好地理解和分析梯形图，能流只能从左向右流动。

3．功能块图

功能块图（FBD）是一种类似于数字逻辑门电路的编程语言，有数字电路基础的人很容易掌握。该编程语言用类似与门、或门的方框来表示逻辑运算关系，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，方框被“导线”连接在一起，信号自左向右流动。图 1-7 中的控制逻辑与图 1-6 中的相同。国内很少有人使用功能块图语言。

4．指令表

PLC 的指令是一种与微机的汇编语言中的指令相似的助记符表达式，由指令组成的程序叫做指令表程序。指令表程序较难阅读，其中的逻辑关系很难一眼看出，所以在设计时一般使用梯形图语言。如果使用手持式编程器，必须将梯形图转换成指令表后再写入 PLC。在用户程序存储器中，指令按步序号顺序排列。

5．结构文本

结构文本（ST）是为 IEC 61131-3 标准创建的一种专用的高级编程语言。与梯形图相比，它能实现复杂的数学运算，编写的程序非常简洁、紧凑。

6．编程语言的相互转换与选用

在 S7-200 的编程软件中，用户可以选用梯形图、功能块图和语句表来编程，软件编程可以自动切换用户程序使用的编程语言。

梯形图与继电器电路图的表达方式极为相似，梯形图中输入信号与输出信号之间的逻辑关系一目了然，易于理解。语句表程序较难阅读，其中的逻辑关系很难一眼看出。在设计复杂的数字量控制程序时建议使用梯形图语言。但是语句表输入方便快捷，还可

以为每一条语句加上注释，便于复杂程序的阅读。在设计通信、数学运算等高级应用程序时，建议使用语句表。

梯形图在一个网络中只能有一块独立电路。在语句表中，几块独立电路对应的语句可以放在一个网络中，但是这样的网络不能转换为梯形图。梯形图程序一定能转换为语句表。

7．SIMATIC 指令集与 IEC 61131-3 指令集

STEP 7-Micro/WIN 编程软件提供了两种指令集：SIMATIC 指令集与 IEC 61131-3 指令集，前者由西门子公司提供，它的某些指令不是 IEC 61131-3 中的标准指令。通常 SIMATIC 指令的执行时间短，可以使用梯形图、功能块图和语句表语言，而 IEC 61131-3 指令集只提供前两种语言。

IEC 61131-3 指令集的指令较少，其中的某些指令可以接受多种数据格式。例如 SIMAT-IC 指令集的加法指令分为 ADD_I（整数相加）、ADD_DI（双字整数相加）与 ADD_R（实数相加）等，IEC 61131-3 的加法指令 ADD 则未作区分，而是通过检验数据格式，由 CPU 自动选择正确的指令。因为 IEC 指令要检查参数中的数据格式，可以减少程序设计中的错误。

在 IEC 61131-3 指令编辑器中，有些指令是 SIMATIC 指令集中的指令，它们作为 IEC 61131-3 指令集的非标准扩展，在编程软件的指令树内用红色的“+”号标记。

1.2.3 PLC 的程序结构

S7-200 PLC 的控制程序由主程序、子程序和中断程序组成，如图 1-8 所示。

1）主程序

主程序是程序的主体，每个项目都必须并且只能有一个主程序。在主程序中可以调用子程序和中断程序。主程序通过指令控制整个应用程序的执行，每个扫描周期都要执行一次主程序。

STEP 7-Micro/WIN 的程序编辑器窗口下部的标签用来选择不同的程序。因为各个程序都存放在独立的程序块中，各个程序结束时不需要加入无条件结束指令或无条件返回指令。

2）子程序

子程序是可选的，仅在被其他程序调用时执行。同一个子程序可以在不同的地方被多次调用。使用子程序可以简化程序代码和减少扫描时间。设计得好的子程序容易移植到别的项目中去。

3）中断程序

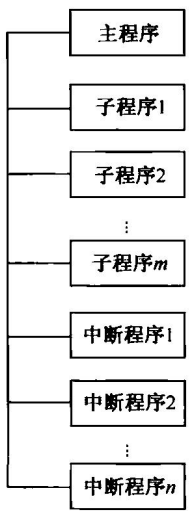


图 1-8　程序结构

中断程序用来及时处理与用户程序的执行时序无关的操作或者不能事先预测何时发生的中断事件。中断程序不是由用户程序调用的，而是在中断事件发生时由操作系统调用的。中断程序是由用户编写的，因为不能预知何时会出现中断事件，所以不允许中断程序改写可能在其他程序中使用的存储器。