



石油高等院校特色教材

TIA集成控制与实训技术

杨松山 杨 光 主编
王金东 主审



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

石油高等院校特色教材

TIA 集成控制与实训技术

杨松山 杨 光 主编
王金东 主审

石油工业出版社

内 容 提 要

本书系统叙述了西门子可编程序控制器 PLC (Programmable Logic Controller) S7-200、S7-300的集成控制技术。主要内容包括 PLC 面向对象编程技术、Configuration 工业组态技术、Profibus-DP (Process Field bus Decentralized Periphery) 现场总线通信技术、变频器驱动技术、步进电动机与伺服电动机驱动技术、扩展模块 EM231 与 EM235 模拟量开环及闭环 PID (Proportional-Integral-Derivative) 控制技术。

本书可作为高等院校机械设计制造及其自动化专业、机电一体化专业、工业电气自动化专业、过程装备与控制专业等的教材;亦可作为机电类研究生的教材;同时也可作为石油、化工及机械制造行业工程技术人员的培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

TIA 集成控制与实训技术/杨松山, 杨光主编.
北京: 石油工业出版社, 2009. 4

石油高等院校特色教材

ISBN 978-7-5021-7024-0

I. T...

II. ①杨...②杨...

III. 计算机控制系统-高等学校-教材

IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 024563 号

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部: (010) 64523574 发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 中国石油报社印刷厂

2009 年 4 月第 1 版 2009 年 4 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 22.5

字数: 572 千字

定价: 35.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

前 言

本书以培养机电一体化控制技术应用型人才为目标,系统地讲述了由 PLC 可编程序控制器构成的 TIA 集成控制技术,以及针对控制系统创建、编程、组态、控制、通信进行的实训技术。

TIA (Totally Integrated Automation) 集成自动化(包括计算机集成制造系统或智能化无人工厂等庞大系统)是一门综合性非常强的技术。它是在机械技术、微电子技术、网络通信技术、信息技术、机器人技术、数据库技术的基础上,将相关的新理论、新方法和新技术融入现代控制系统之中,形成了 TIA 集成自动化这一全新的技术;而 TIA 集成控制技术主要是讨论由 PLC (Programmable Logic Controller) 可编程序控制器构成的一般控制系统,并将 PLC 可编程控制技术、Profibus - DP (Process Field bus Decentralized Periphery) 现场过程总线通信技术通过 HMI (Human and Machine Interface) 人机接口技术集成在一起,对生产过程进行本地控制、远程控制、组态监控,实现生产现场、生产车间、场站之间的横向信息传输以及生产现场与上级管理部门的纵向信息传输,为企业决策层提供实时生产数据,实现生产、控制、管理的一体化。TIA 集成控制技术已经进入了我们的生产、生活等各个方面,它使得控制技术更具科学性,生产管理更具人性化。随着现代化大工业的发展,TIA 集成控制在机械制造、油气集输、化学化工等诸多领域中的生产与控制中得到越来越广泛的应用。

本书通过对西门子 SIMATIC S7 - 200、S7 - 300 PLC 可编程序控制器进行输入/输出(I/O) 变量设置、内部变量设置、变量链接以及控制程序、通信程序和事件语言命令程序的设计,完整地给出了可编程序控制器在现代工业控制中的应用全过程。将相关的概念、原理等知识点的学习融入项目开发过程中,使得各知识点所包含的内容易于理解和接受。通过对项目的操作,可使学生能够掌握面向对象的编程技术,从中学会如何完成一个工程项目,提高实践动手能力,提高解决一般控制问题的综合能力,以适应科学技术的最新发展。更重要的是能为学生今后在机械、石油、化工、电力、轻工及其他领域中从事机电一体化控制工作打下较扎实的技术基础;同时也可对相关专业的工程师从事制造、装配、过程控制及其他项目研发提供一定的技术支撑。

本书经过几年来在机电自动化专业本科生中的试用,收到了较好的教学效果,学生解决机电一体化控制问题的能力普遍有了较大提高。尤其最近几年来,在机电一体化实验室,以集成控制技术为主要内容进行创新学习的同学更是受益匪浅,他们都走上了理想的工作岗位,受到了单位的认可和好评。

本书由杨松山、杨光任主编,王金东教授担任主审,朱君教授为本书提出了很多宝贵意见。赵航博、薛志生、刘妙斌、邵全珠、朱天胜、常宝平和陈冲参与了本书部分章节内容的编写、资料收集、文稿录入等工作,在这里一并表示谢意。

编 者

2008 年 8 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 TIA 集成控制	1
1.2 Profibus - DP 过程现场总线	3
1.3 可视化组态监控	5
1.4 S7 - 200 PLC 简介	6
复习思考题一	10
第 2 章 S7 - 200 PLC 程序设计	11
2.1 PLC 经验法编程	11
2.2 互锁与顺序联锁控制	15
2.3 置位、复位与报警电路	19
2.4 计时器、计数器控制	22
2.5 内部功能指令	26
2.6 顺序控制功能法编程	37
2.7 经验法编程上机实训	45
复习思考题二	51
第 3 章 PLC 程序与变量组态监控	52
3.1 指示灯点动程序组态监控	52
3.2 指示灯自锁程序组态监控	71
3.3 指示灯互锁程序组态监控	74
3.4 指示灯顺序联锁程序组态监控	80
复习思考题三	85
第 4 章 命令语言与变量组态监控	86
4.1 命令语言	86
4.2 事件命令语言点动组态监控	87
4.3 事件命令语言自锁组态监控	94
4.4 事件命令语言互锁组态监控	100
4.5 事件命令语言顺序联锁组态监控	111
4.6 数据改变命令语言顺序联锁组态监控	123
4.7 应用程序命令语言顺序联锁组态监控	135
4.8 事件命令语言控制水平滑块组态监控	144
复习思考题四	158
第 5 章 Profibus - DP 通信方法	160
5.1 一台 S7 - 200 与一台 S7 - 300 DP 通信	160
5.2 两台 S7 - 200 与一台 S7 - 300 DP 通信	226
5.3 三台 S7 - 200 与一台 S7 - 300 DP 通信	236

复习思考题五	252
第 6 章 FMS 柔性制造系统 DP 通信实训	253
6.1 FMS 柔性制造系统组成及通信控制	253
6.2 FMS 柔性制造系统可视化监控	275
复习思考题六	303
第 7 章 步进电动机与伺服电动机控制方法	304
7.1 步进电动机控制方法	304
7.2 伺服电动机控制方法	312
复习思考题七	317
第 8 章 模拟量开环与闭环控制	318
8.1 模拟量温度开环检测与控制	318
8.2 模拟量温度—转速闭环 PID 控制	323
复习思考题八	327
第 9 章 两台抽油机互补运动通信控制实训	328
9.1 抽油机互补运动 S7-300 硬件组态及控制	328
9.2 抽油机互补组态监控实训	334
复习思考题九	346
附表	347
附图	351
参考文献	352

第 1 章 概 述

1.1 TIA 集成控制

全集成自动化 TIA (Totally Integrated Automation), 为机械制造与过程控制自动化提供了一套完整的解决方案。所谓的 TIA 集成控制, 就是利用传感器、调节阀、步进电动机、伺服电动机及其他现场检测与执行机构作为 S7 - 200 PLC 或 S7 - 300 PLC 的输入、输出环节, S7 - 200 PLC 或 S7 - 300 PLC 作为系统的控制器, 计算机用于管理、操作和监控。把以上各环节通过一根数据总线(同轴电缆、双绞线或光纤)将多台控制器和 I/O 设备有机地连接在一起, 并通过软件对其进行统一的编程、控制、组态、监控、通信、数据管理以及本地和远程 I/O 控制。TIA 开放设计理念的典型代表是 Profibus - DP 现场总线技术, 它能够使控制过程快速响应, 控制系统平稳、平衡运行以及准确、安全、可靠。由于 TIA 集成控制具有很好的扩展性和开放性, 所以, 它能够为企业带来科技创新, 提高生产效率, 保护用户原来的投资, 创造更多的经济效益。

全集成自动化系统采用对象嵌入链接 OLE (Object Linking and Embedding) 和基于 Microsoft 组件进行的对象建模并定义统一的标准接口, 即对象嵌入链接过程控制 OPC (OLE for Process Control), 它允许自动化系统的控制应用程序、控制设备以及商业和办公应用软件之间进行相互操作。OLE 作为访问数据的标准接口, 可通过 Internet 在网络的任意位置对自动化系统进行远程操作和监控, 实现企业横向信息和纵向信息的实时交换, 真正实现企业生产过程控制与管理的现代化。

工业控制系统常用的三种通信控制形式: Profibus - DP (Process Field bus Decentralized Periphery), 现场过程总线高速分散分布式 I/O 控制系统; Profibus - PA (Process Field bus Automation), 现场过程总线控制; Profibus - FMS (Fieldbus Message Specification), 现场总线车间级控制与管理信息规范。Profibus - DP 是以数字量快速运动控制为主要特征; Profibus - PA 是以模拟量低速过程控制为主要特征; Profibus - FMS 是以多台生产线控制与管理为主要特征。

随着科技的发展, 柔性制造、石油、化工、钢铁、汽车等生产系统的过程控制将可编程程序控制器 (PLC) 作为控制核心已是不争的事实; 而现场总线 Profibus - DP 通信控制与组态监控将是大系统的控制灵魂和控制技术必然的发展方向。

1.1.1 控制系统组成

一个较完整的控制系统应该包括机械本体、动力源、传感装置、控制器、驱动执行机构等。各环节之间通过接口相互联系并由程序进行控制, 通过控制器控制执行机构达到控制目标。图 1-1 是控制系统的一般组成。

(1) 机械本体。

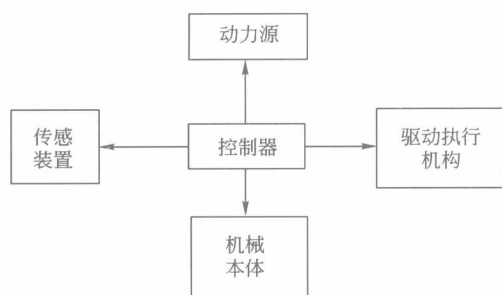


图 1-1 控制系统的一般组成

机械本体是控制系统所有功能元素的机械支撑，包括机身、框架、连接等。例如数控机床的机械本体就是数控机床的机械结构部分，主要有床身、主轴箱、尾座、导轨等。

(2) 动力源。

按照控制系统的要求，动力源为系统提供能量和动力，使系统能够运行。动力源主要有电力源、气压源、液压源等，数控机床的主要动力是来自电力源。

(3) 传感装置。

传感装置是对系统中的各种电量或非电量参数及状态进行检测，将其转换成控制器可以识别的信号，传输到信息处理单元，经过处理分析后产生相应的控制信息，然后送入控制器的输出口。例如，温度、压力、液位传感器以及直线感应同步器、旋转变压器、脉冲编码器等。

(4) 控制器。

控制器是所有控制系统的核心，它将来自各个传感器的检测信息或外部主令输入信号进行采集、集中、存储、分析、加工、处理。根据信息处理的结果，按照一定的控制程序发出相应的控制指令，控制整个系统有目的地运行。控制器一般由计算机、可编程序控制器（PLC）及逻辑电路等组成。例如，数控机床的控制器是由 CNC 计算机数字控制系统和 PLC 组成。

(5) 驱动执行机构。

驱动执行机构是通过接受驱动器的控制信息和指令来完成控制器所要求的各种控制动作与控制功能。执行机构的工作方式有电动、气动、液动等。数控机床的走刀运动就是利用步进电动机或伺服电动机驱动滚珠丝杠螺母副来完成的。

(6) 接口。

接口是用来实现控制系统中各单元及环节之间能量与信息的交换，使各组成要素连接成为一个有机整体，一般有机—电接口和人—机接口两类。

1.1.2 控制过程分类

工业生产控制过程一般可分为三类：离散控制过程、连续控制过程、批量控制过程。

(1) 离散控制过程。

生产过程中的输入、输出变量在时间和幅度上是离散的。例如各种开关量，其产品都是以件数、个数来计量的，这种以离散生产过程为主要特征的生产行业一般被称为加工制造业。

(2) 连续控制过程。

生产过程中的输入、输出变量在时间和幅度上是连续的。例如各种流体的温度、压力、流量及液位等变量。石油开发开采中的油、气、水集输控制，石油化工过程控制等都是连续控制过程。这种以连续生产过程为主要特征的生产行业被称为流程工业。

(3) 批量控制过程。

批量控制过程的特点是伴有连续控制过程和离散控制过程，连续控制过程与离散控制过程相互交替进行。配方的切换和生产工艺的改变是离散控制过程；而在确定了配方和生产工

艺之后的生产又是一个连续控制过程。例如在啤酒的生产过程中，发酵过程是一个连续控制过程，而啤酒灌装成瓶的过程又是一个离散控制过程。

1.2 Profibus - DP 过程现场总线

目前，在工业控制中使用集散系统（DCS），该系统在实际应用中已逐渐显示出许多不足。如它在控制中仍然是采用一对一连线，使用电压、电流模拟信号进行测量与控制（一般为 4~20mA 或 0~10V），系统结构形式是自封闭式的，难以实现设备之间以及系统与外界之间的信息交换，自动化系统成为一个“信息孤岛”。这些致命的不足对 DCS 来讲是无法从根本上得到解决的。所以有必要考虑一个全新的控制系统，以解决目前 DCS 系统存在的问题。基于 PLC 的过程现场总线 Profibus - DP，在它的控制系统中，控制器之间、传感器之间、控制器与传感器之间只需要一根总线（两根信号线）进行数字数据与数字信息交换。Profibus - DP 完全取代了直流 DC 0~10V 或 DC 24V 以及 4~20mA 的信号传输方式。它的出现，促进了现场设备的数字化和网络化，并且极大地加强了现场控制功能，使控制系统具有扩展控制、开放控制、实时控制和远程控制等综合能力。

1.2.1 Profibus - DP 特点

过程现场总线控制系统是基于底层的控制网络，具有开放式、数字化、多点通信的特点。过程现场总线 Profibus - DP 具有以下五个主要特点。

(1) 信号传输数字化。

现场总线只用一根通信电缆（两根信号线）将控制器与现场智能仪表连接起来，信号传输形式是完全数字化的，提高了信号的抗干扰能力和系统的可靠性。

(2) 标准开放统一。

可方便地对原有系统进行改造、扩展。例如增加检测与控制环节，只需增加相应的总线长度和仪表，再轻松地改变一下软件即可。

(3) 控制功能彻底分散。

把单个的测量点及控制仪表作为网络节点，信号的处理直接在现场完成，不依赖于计算机，计算机只作为人机联系的窗口，真正实现了彻底的分散控制，提高了控制的安全性。

(4) 降低工程成本。

整个控制系统的信息传输只用两根光纤或同轴电缆即可，改变了一块仪表一根电缆的传统信号传输模式，大大降低了安装费用，可省去部分或全部二次仪表。尤其在石油企业改建、扩建工程中，可轻松扩展，能够将二次施工费用降到最低。

(5) 设备之间具有互操作性。

设备之间的信息传输与沟通是通过 RS - 485 标准接口进行的，不同厂家的设备可互相兼容。

1.2.2 Profibus - DP 主、从站系统

可编程序控制器 S7 - 200 一般作为从站，通过 EM277 通信模块与 DP 总线通信；S7 - 300 一般作为主站。S7 - 300 是通过总线 Profibus - DP 的适配卡 CP5611 智能接口来完成主

站 PLC 与从站 PLC 及 PC 机之间的通信。Profibus - DP 连接的系统由主站和从站组成。当主站得到总线控制权时，可以主动发送信息，主站可决定总线的通信，在没有外界请求时也可以主动发送信息。主站一般是操作员工作站、操作员接口、编程器等，主站完成各站点的通信读写、系统配置、故障诊断等；从站一般为简单的外围设备，典型的从站一般为 S7 - 200 PLC、传感器、执行器、变送器等，它们没有总线控制权，仅对接收到的信息给予回答，或者主站发出请求时回送给主站相应的信息。通信主、从站系统构成如图 1 - 2 所示。

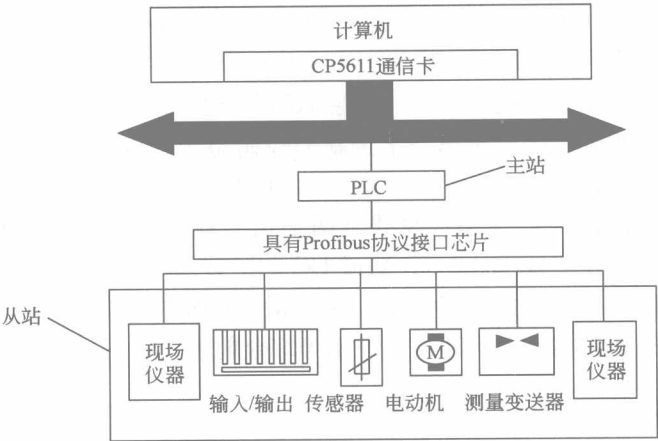


图 1 - 2 通信主、从站系统构成

S7 - 300 PLC 作为主站，存在着两种情况：其一是微处理器 CPU 带有内置的 Profibus - DP 接口，这种 CPU 通常具有一个 Profibus - DP 接口和一个 MPI 接口；其二是 Profibus - DP 通信处理器 CPU 不带 Profibus - DP 接口的，需要配置 Profibus - DP 通信处理器模块，PC 机加 Profibus - DP 网卡作为主站，这类网卡具有 Profibus - DP/PA/FMS 接口，需要选择与网卡配合使用的软件包，本教材选择 CP5611 通信卡，软件选择 Step7V5.3 软件包。CP5611 自身不带微处理器，是短 PCI 卡，可运行多种软件包，使用 9 针 D 型插头即总线连接器可作为 Profibus - DP 和 MPI 的接口。

1.2.3 网络通信

(1) 串行通信。

串行通信是指数据一位一位地依次传输，每一位数据占据一个固定的时间长度。只要两条线就可以在系统之间交换信息，特别适用于计算机与计算机、计算机与外设之间的远距离通信，设备接口的连接有 9 针 D 型插头及 USB 接口等。采用串行通信的原因是为了降低通信线路成本和简化通信设备，因为串行通信通常只用两根线就行了，比起并行通信动辄十几根、几十根线成本具有明显的优势。串行通信可以利用现有的通信设备，因为目前常见的网线、电话线，电视线等都是串行的，以它们的信号为载体就可以实现通信。串行通信信号的三种传送方式为：单工（信号只能从一个方向传送到另一个方向）；半双工（信号能交替地进行双向传送，但在某一个时刻只能在一个方向上传送数据）；全双工（信号能在两个方向上同时进行数据传送）。

(2) 网络连接。

Profibus - DP 采用 9 针 D 型网络连接器，其电气接口是 RS - 485，用于连接 RS - 485 接口设备，而 Profibus - DP 总线只用其中的两个针脚 3 和 8（信号传输），其余针脚是 2 和

7 (24V 电源), 4 (发送申请), 5 和 6 (5V 电源), 1 (接地), 9 (不用)。在使用时应将偏置电阻开关拨到 OFF 位置, 这样就可以不必考虑通信设备是否处于终端位置。Profibus - DP 通信特性见表 1 - 1。

表 1 - 1 Profibus - DP 通信特性

项 目		特 性	
标准		Profibus - DP	
通信站点的数量		最多 127	
网络访问方式		主、从站之间采用令牌总线方式	
传输速率		9.6kbps~12Mbps	
传输介质	电气连接	屏蔽双胶线或光缆	
		传输率	最大距离
		9.6~93.75kbps	1000m
		187.5kbps	800m
		500kbps	400m
		1.5Mbps	200m
		3~12Mbps	100m
	带中继器	9.6~93.75kbps	10km
		187.5kbps	8km
		500kbps	4km
		1.5Mbps	2km
		3~12Mbps	1km
	光缆	9.6kbps~12Mbps	>100km

(3) 通信模块。

通信模块 EM277 的电气接口同样是 RS - 485, 其波特率自动设置, 有 9.6kbps、19.2kbps、187.5kbps、1.5Mbps、12Mbps 等, Profibus - DP 通信速率一般为 187.5kbps, 网络最大站数 127 个, 站地址 00~99, 由旋钮开关设置。

1.3 可视化组态监控

组态 (Configuration), 就是利用应用软件中提供的工具、方法来完成工程中某一具体控制任务的过程。在组态概念出现之前, 要想实现某一控制任务, 都是要通过编写程序 (如使用 BASIC, C, FORTRAN 等) 来实现的。编写程序不但工作量大、周期长, 而且容易犯错误, 很难保证工期。组态软件的出现, 解决了这个问题。对于过去需要几个月的工作, 通过组态软件编程几天就可以完成, 很容易实现人机界面的可视化。

1.3.1 组态软件

组态软件能够对控制系统的 I/O 设备进行本地及远程可视化监控。它是自动控制系统监控层一级的软件平台与开发环境, 主要是为用户提供快速构建工业自动控制系统的监控功能。组态软件应该能够支持各种工控设备和常见的通信协议, 提供分布式数据管理功能和网

络功能，能以灵活多样的组态方式（而不是编程方式，其实也编程）提供良好的用户开发界面和简捷的使用方法。其预先设置的各种软件模块可以非常容易地实现和完成监控层的各项功能，能够支持各种硬件厂家的计算机及其他智能 I/O 产品，与工控计算机和网络系统结合，可向控制层和管理层提供软、硬件的全部接口，进行系统集成。随着科学技术的快速发展，实时数据库、实时控制、数据采集 SCADA、通信及联网、开放数据接口、对本地和远程 I/O 设备的广泛支持已经成为它的主要内容，监控组态软件将会不断被赋予新的内容。

虽然，组态软件不需要完全像 C 语言那样编写程序，就能完成一定的工程或项目。但是，为了能够完成较复杂和一些特定的任务，组态软件也提供了一定的编程手段，其内置的编译系统与类似 VC、VB 的应用程序为用户提供了较好的编程环境与灵活实用的编程方法。

1.3.2 组态软件的功能及特点

组态软件的功能主要包括人机界面软件（HMI）、基于 PC 的控制软件以及生产管理软件。

（1）组态软件的功能。

组态软件的功能：工业生产过程的动态可视化监控；数据采集与管理；远程与本地控制；极限参数与故障报警；实时报表、历史报表、历史曲线、柱状图分析；基于网络进行数据的上载、下载与相应控制。

（2）组态软件的特点。

组态软件具有延续性和可扩充性。用组态软件开发的应用程序，当现场（包括硬件设备或系统结构）或用户需求发生改变时，不需要做很多修改即可方便地完成软件的更新和升级。

封装性（易学易用）。组态软件所能完成的功能都是用一种方便用户使用的方法包装起来，用户不需要掌握太多的编程语言技术，就能很好地完成一个较复杂工程所要求的所有功能。

通用性。每个用户根据工程实际情况，利用组态软件所提供的底层设备与工具（如 PLC、智能仪表、智能模块、板卡、变频器、本地与远程智能 I/O、图库元素以及开放式的数据库等）就能进行监控画面的制作并进行相应的变量连接，可完成具有动画、实时数据处理、历史数据处理、历史曲线处理、多媒体功能以及网络功能的工程项目，不受行业限制。

组态软件要符合 IEC 1131-3 欧洲标准。

1.4 S7-200 PLC 简介

可编程序控制器（PLC）实质上是一种工业控制专用计算机，其组成与一般计算机基本相同，所不同的是 PLC 没有外设。可编程序控制器主要由中央处理器、存储器、输入单元、输出单元、电源等部分组成。对于整体式结构的 S7-200 PLC，所有部件都封装在同一机箱内；而组合式结构的 S7-200 PLC，各功能部件分别独立封装，通过总线相互连接，安装在机架的插槽之内，其内部结构框图与外形结构如图 1-3 和图 1-4 所示。

1.4.1 S7-200 PLC 工作原理

可编程序控制器是数字运算与操作的电子系统，它是为工业应用而设计的。它采用可编程序的存储器，用来在其内部执行逻辑运算、算术运算、顺序控制、定时、计数控制等操作

指令，并通过数字式或模拟式的输入/输出，控制各种类型的生产机械或生产过程。

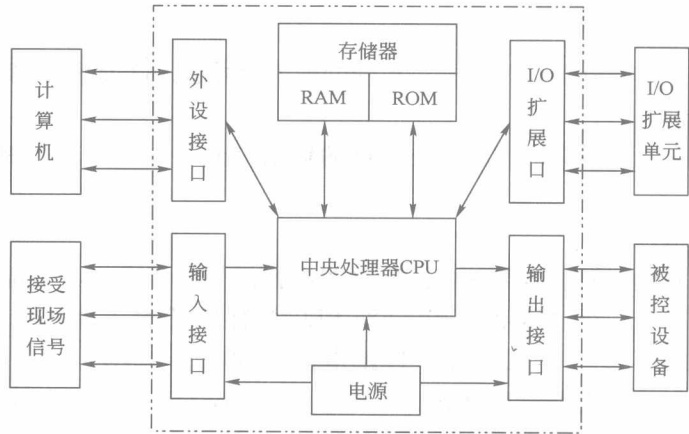


图 1-3 S7-200 PLC 内部结构框图

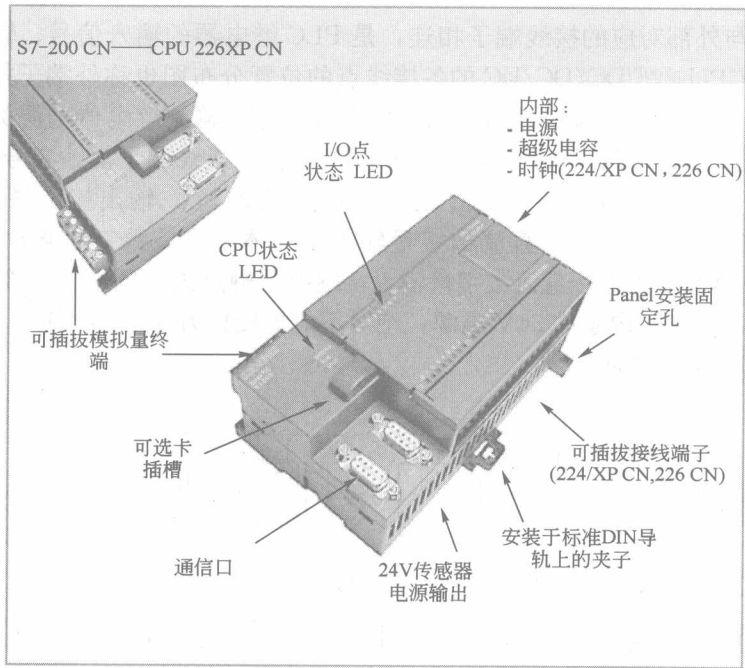


图 1-4 S7-200 PLC 外形结构

S7-200 PLC 具有如下特点：周期性扫描采样输入、串行输出；面向对象的编程方式；PLC 的核心 CPU 芯片已经升级为 Intel 的 80486、80586 或 Pentium 级处理器；采用模块化紧凑设计，可按积木式结构进行系统配置，功能扩展非常灵活方便；以较快的速度处理自动化控制任务，S7-200 PLC 的扫描速度一般为 $0.37\mu\text{s}/\text{指令}$ ，扫描周期为 $30\sim100\text{ms}$ ；有很强的网络功能，可将多个 PLC 按照工艺或控制方式连接成工业网络，构成完整的生产过程控制系统，既可以实现总线联网，也可实现点到点的 PPI 通信；允许在 Windows 操作平台下，使用相关的程序软件包、标准的办公室软件和工业通信网络软件，其编程开放，可使用普通计算机或笔记本电脑编程，人机界面比较友好。

1.4.2 S7-200 PLC 继电器

(1) 输入继电器。

输入继电器用来接受外部信号，并将接受的输入信号送入微处理器 CPU。

(2) 输出继电器。

输出继电器用来将微处理器 CPU 处理过的输出信号送入现场，控制生产机械或生产过程。

(3) 中间继电器。

中间继电器（软继电器、内部继电器）只能进行信号的传递，不具备输入、输出功能，也就是说中间继电器是一个二传手。CPU 226 PLC 具有 24 个输入继电器（I0.0~I2.7），16 个输出继电器（Q0.0~Q1.7），256 个中间继电器（M0.0~M31.7），256 个顺序控制继电器（S0.0~S31.7），计时器和计数器各 256（T0~T255，C0~C255），寄存器 AC0~AC3，变量寄存器 V0.0~V5119.7，特殊继电器 SM0.0~SM549.7。

1.4.3 S7-200 PLC 外部接线端子

I/O 继电器与外部对应的接线端子相连，是 PLC 继电器的输入信号、输出信号与控制设备的连接点。CPU 226 DC/DC/DC 的各接线点的位置分布图也称外端子排。型号规格中 CPU 226 后用斜线分割的三部分分别表示整机电源类型、输入继电器电源类型、输出继电器电源类型。由图 1-5、图 1-6 中可以看出，PLC 各个接线端子都编有号码，并且输入、输出都是分组安排的。CPU 226 PLC 的输入接点是 24 个，输出接点是 16 个。而 DC/DC/DC 说明 CPU 是直流供电，直流数字量输入，晶体管直流数字量输出；AC/DC/DC/Relay 说明 CPU 是交流供电，直流数字量输入，继电器触点数字量输出。接线时一定注意：输入端的 M 与 L 是 PLC 内置的 24V 电源，绝对不能短接！另外，I/O 的 M 与 1M 或 2M 的连接与否，应视实际需要而定。

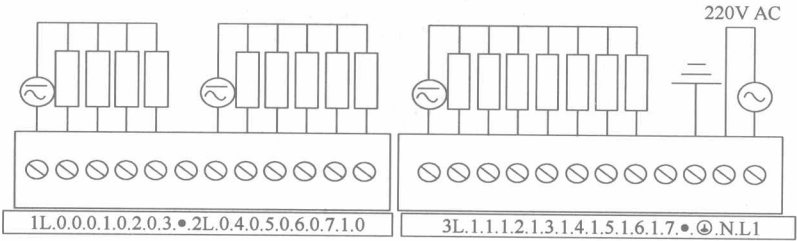


图 1-5 PLC 输出端子

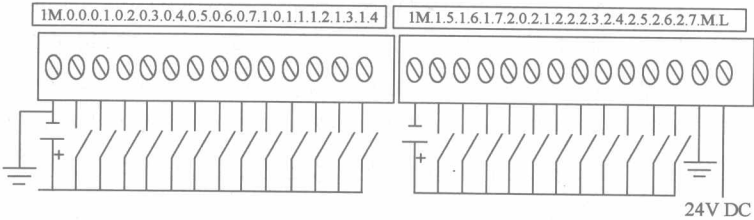


图 1-6 PLC 输入端子

1.4.4 S7-200 PLC 输入、输出信号形式

S7-200 PLC 的输入、输出信号形式一般为数字量信号或开关量信号,但经过模拟量模块转换后,PLC 也可以接受或输出模拟量信号。模拟量信号是连续的电压、电流等,它的幅度是随时间连续变化的,经过采样和量化后就是数字量;而数字量或开关量一般为通断信号,电阻测试法为电阻 0 或无穷大,也可以是有源信号或脉冲信号。数字量或开关量是由 0 和 1 组成的信号,通常是经过编码后有规律的信号。对于脉冲量或瞬间电压或电流信号由某一个值跃变到另一个值的信号,也可将其看成是数字量信号。

(1) 数字量信号。

在时间上和数值上都是断续变化的离散信号称为数字量信号,如图 1-7 所示。工作在数字量信号下的电子电路称为数字电路。如用电子电路记录从自动生产线上输出的零件数目时,每送出一个零件便给电子电路发出一个信号,记为 1;而平时没有零件送出时,加给电子电路的信号是 0。同样,也可用电平的高低来表示有无信号。可见,零件数目这个信号无论在时间上还是在数量上都是不连续的,因此它是一个数字量信号。

(2) 模拟量信号。

在时间上或数值上都是连续变化的物理量信号称为模拟量信号,如图 1-8 所示。把工作在模拟量信号下的电子电路称为模拟电路。模拟量信号一般是通过各种传感器,将非电量信号转换成电量信号。如压力变送器、液位变送器、流量变送器、热电偶或热电阻等,通过传感器将现场非电量信号转换为 $0\sim 10\text{V}$ 或 $4\sim 20\text{mA}$ 的连续信号,这些信号都是模拟量信号。我们所测得的模拟电信号无论是在时间上还是在数量上都是连续的。

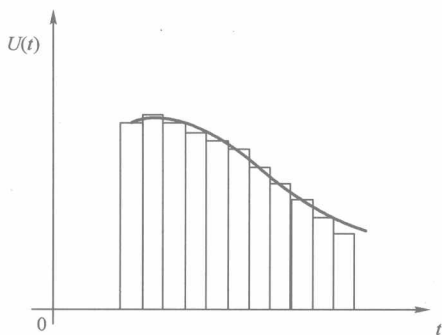


图 1-7 数字量信号

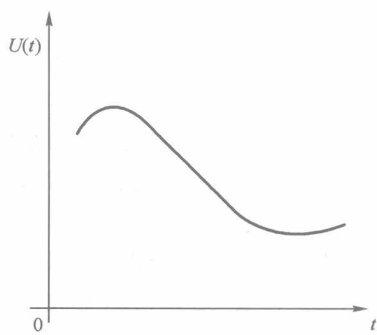


图 1-8 模拟量信号

1.4.5 模拟量与数字量之间的转换

数字量转换为模拟量要经过 D/A 转换,即数—模转换;模拟量转换为数字量要经过 A/D 转换,即模—数转换。

(1) A/D 转换。

模—数转换的原理是将连续变化的模拟量转换为离散的数字量,实现该功能的电路或器件称为模—数转换电路,通常称为 A/D 转换器,即 ADC (Analog Digital Converter)。A/D 转换器的功能是把模拟量转换成数字量。由于实现这种转换的工作原理和采用的工艺技术不同,人们生产出了种类繁多的 A/D 转换器。A/D 转换器按分辨率可分为 4 位、6 位、8 位、

10 位、14 位、16 位等；按照转换速度可分为超高速、次超高速、高速、中速、低速等。

(2) D/A 转换。

数—模转换的原理是模—数转换的逆过程，数—模转换就是将离散的数字量转换为连续变化的模拟量。实现该功能的电路或器件称为数—模转换电路，通常称为 D/A 转换器，即 DAC (Digital Analog Converter)。

(3) 模拟量模块。

生产过程中有大量的连续变化的模拟量，现在完全可以用 PLC 来进行测量或控制（这在 20 世纪八九十年代以前是做不到的），例如温度、压力、流量、液位、频率、电流、电压、有功功率、无功功率、功率因数等诸多模拟量的检测或控制。模拟量的处理可以通过扩展模拟量模块或 PLC 内置的模拟量模块来实现，较常用的模拟量模块有 EM235、EM231、EM232 等。常用模拟量模块功能如下。

EM235：4 模拟量输入（电压或电流）、1 模拟量输出（电压或电流）；

EM231 TC 热电偶：4 模拟量输入；

EM231 RTD 热电阻：2 模拟量输入模块；

EM232：2 模拟量输出模块。

复习思考题一

1. 全集成自动化都包括哪些内容？
2. 控制过程是如何分类的？
3. 何谓 Profibus - DP 过程现场总线？
4. 主站有哪些特点？
5. 从站有哪些特点？
6. 何谓组态？
7. 模拟量是如何定义的？请举例说明。
8. 数字量是如何定义的？请举例说明。
9. EM235 有何作用？主要参数有哪些？
10. EM231 TC 热电偶有何作用？主要参数有哪些？
11. EM231 RTD 热电阻有何作用？主要参数有哪些？
12. EM232 有何作用？主要参数有哪些？
13. 试解释串行通信信号的三种传送方式的含义：
(1) 单工；(2) 半双工；(3) 全双工。
14. EM277 有何作用？
15. Profibus 有哪几种通信方式？
16. RS485 有什么特点？
17. 如何理解所谓大系统的自动控制问题？
18. 通信速率是如何定义的？说明 187.5kbps 的含义。
19. 模拟量信号与数字量信号有什么不同？Profibus - DP 通信是什么信号？
20. S7 - 200 CPU226 可编程控制器输入/输出继电器、内部继电器有多少个？
21. S7 - 200 PLC 与计算机采取的是什么样的通信方式？PPI 是什么意思？

第 2 章 S7-200 PLC 程序设计

2.1 PLC 经验法编程

经验法编程,是根据现场的实际控制要求,按照输入设备与被控设备的逻辑关系,来构造点动、自锁、互锁、顺序联锁以及定时、计数及其他基本控制程序。在程序设计的过程中,是将 PLC 的数字输入、输出接点按照控制目标的要求,依靠编程者的实际经验进行程序设计,它能够满足较简单的工程需要。但是,在较复杂的控制过程中,这种程序设计方法显现出一定的不足和缺陷,如接点之间容易出现矛盾,随机性也较大。要解决这个问题,编出高质量的应用程序,就需要结合顺序控制功能法进行程序设计。

2.1.1 接点

接点也称为触点。具有“**I**”标识的接点是输入接点;具有“**Q**”标识的接点是输出接点;具有“**M**”标识的是内部接点,也称为软接点或软继电器,内部继电器没有输入、输出功能。接点是闭合回路中的可断开点,如常见的刀开关,就是由动触点和静触点组成的接点。当动、静触点结合在一起时,电路闭合导通;当动、静触点分离时,电路断开没有电流通过。一个接点具有两个状态,电路断开时的接点称为常开接点,也称为动合接点;电路闭合导通时的接点称为常闭接点,也称为动断接点。输出线圈也称为输出接点,从传统继电器控制的角度来看,人们沿用输出线圈的叫法,输出线圈与输出接点两种说法都是一样的。接点也可看做 PLC 中的一个存储位,随着输入、输出信号的有无,接点表现为常开、常闭或高低电平。接点如图 2-1、图 2-2、图 2-3 的 I0.0、I0.1、Q0.0 所示。

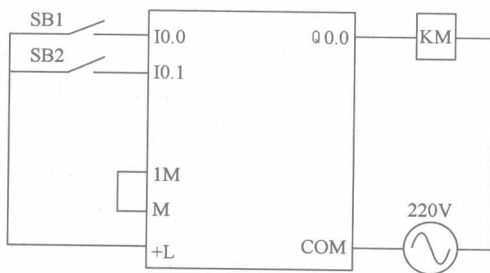


图 2-1 点动控制 I/O 分配图

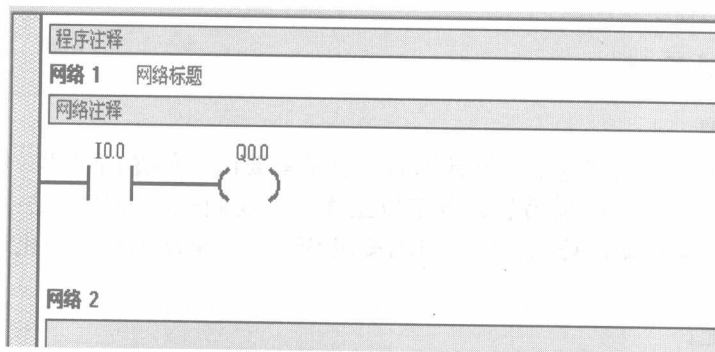


图 2-2 点动控制梯形图方案一