

TP332.3
8760

现代可编程序控制器 原理与应用

郑 晟 巩建平 张 学 编著

科 学 出 版 社

1 9 9 9

内 容 简 介

本书以可编程控制器 PLC S7-300 为背景,结合作者多年的教学经验,介绍 PLC 的特性、系统结构、编程语言、编程方法,并通过较多的应用实例详细介绍工程应用中的系统设计、软件设计及调试技术。

本书注重实际,强调应用,是一本工程性较强的应用类图书。

本书可作为高等工科院校电气工程类、机电一体化类专业学生的教学用书,也可供上述有关专业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代可编程控制器原理与应用/郑晟等编著.-北京:科学出版社,1999

ISBN 7-03-006850-5

I. 现… II. 郑… III. 可编程控制器-基本知识
IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 18285 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

新世纪印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1999 年 2 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16
1999 年 2 月第一次印刷 印张: 15 1/8
印数: 1—2 600 字数: 351 000

定价:26.00 元

(如有缺页倒装,本社负责掉换。〈新欣〉)

目 录

第一章 概述	(1)
1.1 可编程控制器的产生及定义	(1)
1.2 可编程控制器的分类及特点	(2)
1.3 可编程控制器的应用	(4)
1.4 可编程控制器与其它工业控制装置的比较	(6)
1.5 可编程控制器的发展	(7)
第二章 可编程控制器原理	(10)
2.1 PLC 的组成与基本结构	(10)
2.2 PLC 的基本工作原理	(18)
2.3 PLC 的编程语言	(23)
第三章 SIMATIC S7-300 PLC 系统特性及硬件构成	(26)
3.1 S7-300 PLC 系统结构	(26)
3.2 S7-300 PLC 存储区简介	(31)
3.3 S7-300 PLC 中央处理单元 CPU 模块	(36)
3.4 S7-300 PLC 数字量模块	(47)
3.5 S7-300 PLC 模拟量模块	(53)
3.6 S7-300 PLC 系统供电与接地	(69)
第四章 编程语言	(74)
4.1 指令及其结构	(74)
4.2 位逻辑指令	(83)
4.3 数字指令	(106)
4.4 控制指令	(128)
第五章 程序结构	(138)
5.1 数据块及其数据结构	(138)
5.2 功能块编程及调用	(144)
5.3 组织块 OB 与中断优先级	(157)
第六章 可编程序控制器应用设计	(167)
6.1 可编程序控制器的系统设计	(167)
6.2 可编程序控制器程序设计	(171)
6.3 应用设计举例	(175)
第七章 PLC 通信网络及分散控制系统	(189)
7.1 通信及网络概述	(189)

7.2 西门子 PLC 网络	(198)
7.3 MPI 网络与全局数据通信	(204)
7.4 S7 系列 PLC 与其它计算机的通信	(212)
7.5 PROFIBUS 现场总线	(226)

第一章 概述

可编程控制器(Programmable Controller),简称 PC,因早期主要应用于开关量的逻辑控制,因此也称为 PLC(Programmable Logic Controller),即可编程逻辑控制器.由于 PC 已成为个人计算机的代名词,为了不与之相混淆,本书将可编程控制器简称为 PLC.现代的可编程控制器是以微处理器为基础的、高度集成化的新型工业控制装置,是计算机技术与工业控制技术相结合的产品.

1.1 可编程控制器的产生及定义

在可编程控制器诞生前,继电器控制系统广泛应用于顺序型的生产过程控制中.在一个复杂的控制系统中,可能要使用成百上千的继电器,如果控制工艺及要求发生变化,则控制柜内的继电器和接线也要做相应的变化,有时这种变化是非常大的,其改造的费用高、工期长、容易出错,甚至不得不做新的继电器控制柜.

60 年代末期,美国的汽车制造业发展迅速、竞争激烈,汽车更新换代快,相应的汽车生产线亦得改变,整个生产线的继电器控制系统就必须重新设计、重新安装.为了尽可能地减少重新设计继电器控制系统和接线所需的费用和时间,1968 年美国通用汽车公司(GM)公开招标研制新的工业控制器,并提出了 10 条指标,即

- 编程方便,可在现场修改程序;
- 维护方便,最好是插件式;
- 可靠性高于继电器控制柜;
- 体积小于继电器控制柜;
- 可将数据直接送入管理计算机;
- 在成本上可与继电器控制柜竞争;
- 输入为交流 115V;
- 输出为交流 115V/2A 以上,能直接驱动电磁阀、接触器等;
- 在扩展时原有系统改变最少;
- 用户程序存储器至少可扩展到 4KB.

1969 年美国数字设备公司(DEC)根据这 10 条指标,研制出世界上第一台可编程控制器,并在 GM 公司汽车生产线上应用,获得成功.

从此,可编程控制器技术就迅速发展起来.1971 年,日本从美国引进了这项新技术,很快研制成了日本第一台可编程控制器 DSC-8.1973 年,西欧国家也研制出它们的第一台可编程控制器.我国从 1974 年开始研制,1977 年开始工业应用.

1976 年美国电气制造商协会(NEMA)经过 4 年的调查工作,于 1980 年正式命名可编程控制器为 PC(Programmable Controller),并给 PC 作了如下定义:

PC 是一个数字式的电子装置,它使用了可编程序的记忆体来储存指令,用以执行诸如逻辑、顺序、定时、计数与演算等功能,并通过数字或类似的输入/输出模件,来控制各种机械或工作程序.一部数字电子计算机若是用来执行 PC 的功能,亦被视同为 PC,但不包括鼓式或类似的机械式顺序控制器.

国际电工委员会(IEC)曾于 1982 年 11 月颁布了可编程控制器标准草案第一稿,1985 年 1 月又发表了第二稿,1987 年 2 月颁布了第三稿.该草案中对可编程控制器的定义是:

可编程控制器是一种进行数字运算的电子系统,是专为在工业环境下的应用而设计的工业控制器.它采用了可编程序的存储器,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,并通过数字式或模拟式的输入和输出,控制各种类型机械的生产过程.可编程控制器及其有关外围设备,都按易于与工业系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则设计.

定义强调了可编程控制器是进行数字运算的电子系统,能直接应用于工业环境下的计算机;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;是一种简单易懂、操作方便、可靠性高的新一代通用工业控制装置.

1.2 可编程控制器的分类及特点

1.2.1 可编程控制器的分类

可编程控制器发展很快,全世界有几百家工厂正在生产几千种不同型号的 PLC.从组成结构形式上可以将这些 PLC 分为两类:一类是一体化整体式 PLC,另一类是模块化结构化的 PLC.OMRON 公司的 C20P,C40P,C60P;三菱公司的 F1 系列;东芝公司的 EX20/40 系列等都属前者.其特点是电源、CPU 中央处理系统、I/O 接口都集成在一个机壳内.OMRON 公司的 C200H,C1000H,C2000H;西门子公司的 S5-115U,S7-300,S7-400 系列等则属于后者.它们的电源模块、CPU 模块、开关量 I/O 模块、模拟量 I/O 模块等在结构上是相互独立的,可根据具体的应用要求,选择合适的模块,安装在固定的机架或导轨上,构成一个完整的 PLC 应用系统.

按 I/O 点数及内存容量可将 PLC 分为以下几类:

(1) 超小型 PLC:I/O 点数小于 64 点,内存容量在 256Byty~1KB.

(2) 小型 PLC:I/O 点数在 65~128 点,内存容量在 1~3.6KB.

小型及超小型 PLC 在结构上一般是一体化整体式的,主要用于中等容量的开关量控制,具有逻辑运算、定时、计数、顺控、通信等功能.

(3) 中型 PLC:I/O 点数范围在 129~512 点,内存容量在 3.6~13KB.

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 PLC:I/O 点数范围在 513~896 点,内存容量在 13KB 以上.

(5) 超大型 PLC:I/O 点数在 896 点以上,内存容量在 13KB 以上.

大型和超大型 PLC 除具有中、小型 PLC 的功能外,增强了编程终端的处理能力和通信能力,适用于多级自动控制和大型分散控制系统。

1.2.2 可编程控制器的特点

PLC 之所以高速发展,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. 可靠性高、抗干扰能力强

PLC 是专为工业控制而设计的,可靠性高、抗干扰能力强是它的最重要的特点之一. PLC 的平均故障间隔时间可达几十万小时。

一般由程序控制的数字电子设备产生的故障常有两种:一种是软故障,由于外界恶劣环境,如电磁干扰、超高温、超低温、过电压、欠电压等引起的未损坏系统硬件的暂时性故障,另一种是由多种因素而导致元器件损坏所引起的故障,称为硬故障。

PLC 的循环扫描工作方式能在很大程度上减少软故障的发生.一些高档 PLC 采用双 CPU 模块并行工作(如 OMRON C2000H),即使有一个 CPU 模块出现故障,系统也能正常工作,同时可修复或更换故障 CPU 模块.西门子 S5-115H PLC 不仅 CPU 模块是冗余的,系统中用的所有模块也都可以是冗余的,这样就极大地增加了应用系统的整体可靠性.除此之外,PLC 采用了如下一系列的硬件和软件的抗干扰措施:

硬件方面:隔离是抗干扰的主要手段之一.在微处理器与 I/O 电路之间,采用光电隔离措施,有效地抑制了外部干扰源对 PLC 的影响,同时还可以防止外部高电压进入 CPU 模块.滤波是抗干扰的又一主要措施.对供电系统及输入线路采用多种形式的滤波,可消除或抑制高频干扰.用良好的导电、导磁材料屏蔽 CPU 等主要部件可减弱空间电磁干扰.此外,对有些模块还设置了联锁保护、自诊断电路等。

软件方面:① 设置故障检测与诊断程序. PLC 在每一次循环扫描过程的内部处理期间,检测系统硬件是否正常,锂电池电压是否过低,外部环境是否正常,如掉电、欠电压等;② 当软故障条件出现时,立即把现状重要信息存入指定存储器,软硬件配合封闭存储器,禁止对存储器进行任何不稳定的读写操作,以防存储信息被冲掉.这样,一旦外界环境正常后,便可恢复到故障发生前的状态,继续原来的程序工作。

由于采取了以上抗干扰措施,PLC 的可靠性、抗干扰能力大大提高,可以承受幅值为 1 000V、上升时间为 1ns、脉冲宽度为 1 μ s 的干扰脉冲。

2. 编程简单、使用方便

这是 PLC 的又一重要特点.考虑到企业中一般电气技术人员和技术工人的读图习惯和应用微机的实际水平,目前大多数的 PLC 采用继电器控制形式的梯形图编程方式,这是一种面向生产、面向用户的编程方式,与常用的微机语言相比更容易被操作人员所接受并掌握.通过阅读 PLC 的使用手册或短期培训,电气技术人员可以很快熟悉梯形图语言,并用来编制一般的用户程序.配套的简易编程器的操作和使用也很简单,这也是 PLC 近

年来获得迅速普及和推广的原因之一。

一些 PLC 还针对具体问题,设计了诸如步进梯形指令、功能图及功能指令等,进一步简化了编程。

3. 设计、安装容易,维护工作量少

由于 PLC 已实现了产品的系列化、标准化和通用化,用 PLC 组成控制系统,在设计、安装、调试和维修等方面,表现出了明显的优越性。设计部门能在规格繁多、品种齐全的系列 PLC 产品中,选出高性能价格比的产品。PLC 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,控制柜的设计、安装接线工作量大为减少。PLC 的用户程序大部分可以在实验室进行模拟调试,用模拟试验开关代替输入信号,其输出状态可通过 PLC 上的发光二极管指示得知。模拟调试后再将 PLC 控制系统安装到生产现场,进行联机调试,既安全,又快速方便。这就大大缩短了应用设计和调试周期,特别是在老厂控制系统的技术改造中更能发挥优点。在用户维修方面,由于 PLC 本身的故障率极低,维修工作量很小;并且 PLC 有完善的诊断和显示功能,即当 PLC 或外部的输入装置和执行机构发生故障时,可以根据 PLC 上的发光二极管或在线编程器上提供的信息,迅速地查明原因。如果是 PLC 本身的故障,可以用更换模块的方法迅速排除,因此维修极为方便。

4. 功能完善、通用性强

现代 PLC 不仅具有逻辑运算、定时、计数、顺序控制等功能,而且还具有 A/D、D/A 转换,数值运算和数据处理等功能。因此,它既可对开关量进行控制,也可对模拟量进行控制;既可以控制单台设备,也可以控制一条生产线或全部生产工艺过程。PLC 还具有通信联网功能,可与相同或不同类型的 PLC 联网,并可与上位机通信构成分布式的控制系统。由于 PLC 产品的系列化和模块化,PLC 配备有品种齐全的多种硬件装置供用户选用,可以组成能满足各种控制要求的控制系统。

5. 体积小、能耗低

以西门子中小型 PLC S7-300 为例,CPU 314 模块可以扩展为 512 点开关量,64 路模拟量,其外形尺寸为 80mm×125mm×130mm,重量仅 0.53kg,消耗功率 8W。由于体积小,PLC 很容易装入机械设备内部,是实现机电一体化的理想控制设备。

6. 性能价格比高

总之,PLC 系统的基本特点是:可靠、方便、通用、价廉。

1.3 可编程控制器的应用

目前,PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、石油、化工、电力、建材、机械制造、汽车、轻纺、交通运输、环保以及文化娱乐等各行各业。随着 PLC 性能价格比的不断提高,其应用

范围不断扩大,大致可归纳为如下几类:

(1) 开关量的逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域,它取代传统的继电器控制系统,实现逻辑控制、顺序控制,可用于单机控制、多机群控、自动化生产线的控制等,例如注塑机、印刷机械、订书机械、切纸机械、组合机床、磨床、包装生产线、电镀流水线等等.

(2) 位置控制

大多数的 PLC 制造商,目前都提供拖动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模块.这一功能可广泛用于各种机械,如金属切削机床、金属成型机床、装配机械、机器人和电梯等.

(3) 过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的闭环控制. PLC 通过模拟量 I/O 模块,实现模拟量与数字量之间的 A/D、D/A 转换,并对模拟量进行闭环 PID(Proportional-Integral-Derivative)控制.现代的大、中型 PLC 一般都有 PID 闭环控制模块.这一功能可用 PID 子程序来实现,也可用专用的智能 PID 模块实现.

(4) 数据处理

现代的 PLC 具有数学运算(包括矩阵运算、函数运算、逻辑运算)、数据传递、转换、排序和查表、位操作等功能,也能完成数据的采集、分析和处理.这些数据可通过通信接口传送到其它智能装置,如计算机数值控制(CNC)设备,进行处理.

(5) 通信联网

PLC 的通信包括 PLC 相互之间,PLC 与上位计算机,PLC 和其它智能设备间的通信. PLC 系统与通用计算机可以直接或通过通信处理单元、通信转接器相连构成网络,以实现信息的交换,并可构成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统,满足工厂自动化(FA)系统发展的需要.各 PLC 系统或远程 I/O 模块按功能各自放置在生产现场分散控制,然后采用网络连接构成集中管理信息的分布式网络系统.

(6) 在计算机集成制造系统(CIMS)中的应用

近年来,计算机集成制造系统 CIMS 广泛应用于工业生产过程中.一般的 CIMS 系统可划分为六级子系统:第一级为现场级,包括各种设备,如传感器和各种电力、电子、液压和气动执行机构生产工艺参数的检测;第二级为设备控制级,它接收各种参数的检测信号,按照要求的控制规律实现各种操作控制;第三级为过程控制级,完成各种数学模型的建立,过程数据的采集处理.以上三级属于生产控制级,也称为 EIC 综合控制系统.由此向上的四、五、六级分别为在线作业管理、计划和业务管理及长期经营规划管理,通称为管理信息系统(MIS).

EIC 综合控制系统是一种先进的工业过程自动化系统,它包括三个方面的内容:电气控制(Electric),以电机控制为主,包括各种逻辑连锁和顺序控制;仪表控制(Instrumentation),实现以 PID 为代表的各种回路控制功能,包括各种工业过程参数的检测和处理;计算机系统(Computer),实现各种模型的计算、参数的设定、过程的显示和各种操作运行管理. PLC 就是实现 EIC 综合控制系统的整机设备,由此可见,PLC 在现代工业中的地位是十分重要的.

1.4 可编程控制器与其它工业控制装置的比较

1.4.1 PLC 与继电器控制系统的比较

传统的继电器控制系统被 PLC 所取代已是必然趋势。继电器控制柜是针对一定的生产机械、固定的生产工艺设计的,采用硬接线方式装配而成,只能完成既定的逻辑控制、定时、计数等功能,一旦生产工艺过程改变,则控制柜必须重新设计、重新配线。而 PLC 由于应用了微电子技术和计算机技术,各种控制功能都是通过软件来实现的,只要改变程序并改动少量的接线端子,就可适应生产工艺的改变。从适应性、可靠性、方便性及设计、安装、维护等各方面比较,PLC 都有显著的优势。因此在用电子技术改造传统产业的过程中,传统的继电器控制系统大多数将被 PLC 所取代。

1.4.2 PLC 与集散控制系统的比较

PLC 与集散控制系统在发展过程中,始终是互相渗透互为补充。它们分别由两个不同的古典控制设备发展而来。PLC 是由继电器逻辑控制系统发展而来,所以它在数字处理、顺序控制方面具有一定优势,初期主要侧重于开关量顺序控制方面。集散控制系统(DCS)是由单回路仪表控制系统发展而来的,所以它在模拟量处理、回路调节方面具有一定优势,初期主要侧重于回路调节功能。这两种设备都随着微电子技术、大规模集成电路技术、计算机技术、通信技术等技术的发展而发展,同时都向对方扩展自己的技术功能。PLC 在 60 年代问世之后,于 70 年代进入了实用化阶段,8 位、16 位、32 位微处理器和各种位片式处理器的应用,使它在技术和功能上发生了飞跃,在初期的逻辑运算功能的基础上,增加了数值运算、闭环调节等功能,其运算速度提高,输入输出范围与规模扩大。PLC 与上位计算机之间相互连成网络,构成以可编程控制器为主要部件的初级控制系统。集散控制系统自 70 年代问世之后,发展非常迅速,特别是单片微处理器的广泛应用和通信技术的成熟,把顺序控制装置、数据采集装置、过程控制的模拟量仪表、过程监控装置有机地接合在一起,产生了满足不同要求的集散型控制系统。

现代 PLC 的模拟量控制功能很强,多数都配备了各种智能模块,以适应生产现场的多种特殊要求,具有了 PID 调节功能和构成网络系统组成分级控制的功能以及集散系统所完成的功能。集散控制系统既有单回路控制系统,也有多回路控制系统,同时也具有顺序控制功能。到目前为止,PLC 与集散控制系统的发展越来越接近,很多工业生产过程既可以用 PLC,也可以用集散控制系统实现其控制功能。综合 PLC 和集散控制系统各自的优势,把二者有机地结合起来,可形成一种新型的全分布式的计算机控制系统。

1.4.3 PLC 与工业控制计算机的比较

工业控制计算机是通用微型计算机适应工业生产控制要求发展起来的一种控制设备。硬件结构方面总线标准化程度高、兼容性强,而软件资源丰富,特别是有实时操作系统的支持,故对要求快速、实时性强、模型复杂、计算工作量大的工业对象的控制占有优势。但是,使用工业控制机控制生产工艺过程,要求开发人员具有较高的计算机专业知识和微

机软件编程的能力。

PLC 最初是针对工业顺序控制应用而发展来的,硬件结构专用性强,通用性差,很多优秀的微机软件也不能直接使用,必须经过二次开发。但是,PLC 使用了工厂技术人员熟悉的梯形图语言编程,易学易懂,便于推广应用。

从可靠性方面看,PLC 是专为工业现场应用而设计的,结构上采用整体密封或插件组合型,并采取了一系列抗干扰措施,具有很高的可靠性。而工控机虽然也能够在恶劣的工业环境下可靠运行,但毕竟是由通用机发展而来,在整体结构上要完全适应现场生产环境,还要做工作。另一方面,PLC 用户程序是在 PLC 监控程序的基础上运行的,软件方面的抗干扰措施,在监控程序里已经考虑得很周全,而工控机用户程序则必须考虑抗干扰问题,一般的编程人员很难考虑周全。这也是工控机应用系统比 PLC 应用系统可靠性低的原因。

尽管现代 PLC 在模拟量信号处理、数值运算、实时控制等方面有了很大提高,但在模型复杂、计算量大且较难、实时性要求较高的环境中,工业控制机则更能发挥其专长。

1.5 可编程控制器的发展

1.5.1 PLC 发展概况

PLC 自问世以来,经过 20 多年的发展,在美国、欧洲、日本等工业发达国家已成为重要产业。据不完全统计,世界 PLC 的销售额,1987 年为 25 亿美元,1988 年为 31 亿美元,比上一年增长 24%。1989 年为 36 亿美元,比上一年增长了 16%。进入 90 年代以来,世界 PLC 的年平均销售额在 55 亿美元以上,我国约占 1%,为 5 500 万美元。

在一些发达国家,新的 PLC 生产厂家不断涌现,新品种层出不穷。以美国为例,1988 年有 70 多个 PLC 生产厂,共有 300 多个品种,其中著名的厂商有 AB (Allen-Bradly) 公司、歌德(Gould Modicon)公司、德州仪器(Texas Instruments)公司、通用电气公司、西屋电气公司等。日本的 PLC 生产厂家也很多,其小型 PLC 产品的市场占有率很高,著名的有三菱、欧姆龙(OMRON)、日立、东芝、富士等公司。欧洲著名的公司有德国的西门子公司、BBC 公司、AEG 公司,法国的 TE 公司等。

当前,PLC 在国际市场上已成为最受欢迎的工业控制畅销产品,用 PLC 设计自动控制系统已成为世界潮流。

我国 PLC 的发展过程大致可分为初级认识阶段(70 年代)、引进使用阶段(80 年代)和广泛发展阶段(90 年代)。70 年代后期,许多部门(如冶金、石油、化工、建材、轻工等)都引进了使用 PLC 进行控制的生产线。正是在成套设备的引进、消化中,我们了解了 PLC,促进了 PLC 在我国的发展。80 年代在成套设备引进的同时,许多部门和单位也相继引进了 PLC 并自己设计组成控制系统。同时,一些部门也在引进 PLC 生产线,建立生产 PLC 的合资企业。如天津自动化仪表厂与 MODICON 公司签订了散件组装和技术转让协议;辽宁无线电二厂与西门子公司签订了技术引进协议,建起了 S5-115U 的生产线;原冶金部自动化研究院与 AB 公司建立了生产 PLC 的合资企业。进入 90 年代,我国 PLC 进入广泛发展阶段,PLC 的应用已经渗透到国民经济的各部门和工业过程的各个角落。宝钢建

成的一、二期工程中,使用了国外 12 个厂家 30 多种机型,计 600 多台 PLC,在三期工程中采用了更多的 PLC;广西玉柴机器股份有限公司引进的柴油机生产线中,使用了近 200 台 AB 公司的 PLC.在引进 PLC 及 PLC 生产技术的同时,国内许多厂家和研究所已经自行研制、开发、生产出许多小型 PLC,开始应用于工厂自动化系统中.

PLC 的市场竞争十分激烈,国际各大公司都看中了中国这个很大的 PLC 市场,竞相争夺.西门子公司不断推出新的 PLC 产品,巩固和发展其领先的市场份额,特别是在 1995 年底,推出了性能价格比很高的 S7-200、S7-300 系列 PLC,在中小型 PLC 市场中极具竞争力.西门子在 1996 年又推出了中高档的 S7-400 系列 PLC、自带人机界面的 C7 系列 PLC、与 AT 计算机兼容的 M7 系列 PLC 等多种新产品.欧姆龙公司在保持小型 PLC 市场领先的基础上继续发展分销商队伍,建立独资企业. AB 公司、GE 公司等国外公司也都采取了各种策略,争夺中国的 PLC 市场.

展望我国 PLC 的发展前景,今后几年我国市场需求将迅速增加,应用领域将进一步扩大,国内自行研制、开发的小型 PLC 将有可能逐渐占领市场,而中、大型高档 PLC 仍将以进口和合资产品为主.

1.5.2 现代 PLC 的发展趋势

随着技术的发展和市场需求增加,PLC 的结构和功能也不断改进,生产厂家不断推出功能更强的 PLC 新产品,平均 3~5 年就更新换代一次.如西门子公司在 S5 系列 PLC 的基础上又推出了 S7 系列 PLC,性能价格比越来越高.S7-300 属中小型 PLC,有很强的模拟量处理能力和数字运算功能,用户程序存储容量达 24KB,具有许多过去大型 PLC 才有的功能.它的扫描速度为 1 000 条指令 0.3 ms,超过了许多大型 PLC.

现代 PLC 的发展有两个主要趋势:其一是向体积更小、速度更快、功能更强、价格更低的微型 PLC 方面发展;其二是向大型网络化、高可靠性、好的兼容性、多功能方面发展.

(1) 大型网络化

主要是朝 DCS 方向发展,使其具有 DCS 系统的一些功能.网络化和强化通信能力是 PLC 发展的一个重要方面,向下将多个 PLC、多个 I/O 框架相连;向上与工业计算机、以太网、MAP 网等相连构成整个工厂的自动化控制系统.现场总线技术(Profibus)在工业控制中将会得到越来越广泛的应用.S7-300 PLC 可以通过多点接口 MPI(Multi-Point Interface)直接与多个计算机、编程器、操作员面板及其它 PLC 相连,也可通过通信处理器连成更大的、范围更广的 SINEC H1 以太网,或通过现场总线构成灵活实用的分布式 SINEC L2 网络.

(2) 多功能

为了适应各种特殊功能的需要,各个公司陆续推出了多种智能模块.智能模块是以微处理器为基础的功能部件.它们的 CPU 与 PLC 的 CPU 并行工作,占用主机 CPU 的时间很少,有利于提高 PLC 扫描速度和完成特殊的控制要求.智能模块主要有模拟量 I/O、PID 回路控制、通信控制、机械运动控制(如轴定位、步进电机控制等)、高速计数、中断输入等.由于智能 I/O 的应用,使过程控制的功能和实时性大为增强,某些 PLC 的过程控制

还具有自适应、参数自整定功能,使设计、调试时间减少,控制精度提高.如 S7-300 的模拟量输入模块可以直接输入电流、电压、热电偶、热电阻等多达 18 种不同类型不同范围的信号,适应性很强.

(3) 高可靠性

由于控制系统的可靠性日益受到人们的重视,一些公司已将自诊断技术、冗余技术、容错技术广泛地应用到现有产品中,推出了高可靠性的冗余系统,并采用热备用或并行工作、多数表决的工作方式. S7-400 PLC 即使在恶劣、不稳定的工业环境下,坚固、全部密封的模板依然可正常工作,在操作运行过程中模板还可热插拔.

(4) 好的兼容性

现代 PLC 已不再是单个的、独立的控制装置,而是整个控制系统中的一部分或一个环节.好的兼容性是 PLC 深层次应用的重要保证. SIMATIC M7-300 PLC 采用与 SIMATIC S7-300 相同的结构,能用 SIMATIC S7 模块,其显著特点是与通用微型计算机兼容,可运行 MS-DOS/Windows 程序,适合于处理数据量大、实时性强的工程任务.

(5) 小型化、低成本、简单易用

随着应用范围的扩大和用户投资规模的不同,小型化、低成本、简单易用的 PLC 将广泛应用于各行各业,小型 PLC 由整体结构向小型模块化结构发展,增加了配置的灵活性. SIMATIC S7-200 微型 PLC 的最小配置为 8 DI/6 DO,可扩展 2~7 个模块,最大 I/O 点数为 64 DI/DO;12 AI/4 AO.

(6) 编程语言向高层次发展

PLC 的编程语言在原有梯形图语言、顺序功能块语言和指令表语言基础上,不断丰富和向高层次发展. 西门子 SIMATIC S7-300 PLC 的编程语言 STEP 7,可运行在个人计算机 Windows 环境下,界面极为友好,提供了强劲的梯形图和语句表两种形式的编程、调试、诊断等功能,并备有丰富的随机帮助信息,可支持位、字节、字、双字、字符串、整数、双整数、实数、日期、数组和结构等数据类型. SIMATIC M7 则使用 C/C++ 等高级语言进行编程,体现了面向未来的种种特征.

第二章 可编程控制器原理

2.1 PLC 的组成与基本结构

2.1.1 PLC 的基本组成

PLC 是微机技术和继电器常规控制概念相结合的产物,是一种以微处理器为核心的用作控制的特殊计算机,因此它的组成部分与一般的微机装置类似.它主要由中央处理单元、输入接口、输出接口、通信接口等部分组成,其中 CPU 是 PLC 的核心,I/O 部件是连接现场设备与 CPU 之间的接口电路,通信接口用于与编程器和上位机连接.对于整体式 PLC,所有部件都装在同一机壳内;对于模块式 PLC,各功能部件独立封装,称为模块或模板,各模块通过总线连接,安装在机架或导轨上.

无论哪种结构类型的 PLC,都可根据用户需要进行配置与组合.例如 OMRON 整体式 C 系列 P 型机,I/O 点数在 20 点到 120 点范围内有多种组合方式,用户可以优选最适合自己的一种配置.模块式 PLC 则在 I/O 配置上更方便、更灵活.装有 CPU 模块的机架,称之为基本机架,其它为扩展机架.不同厂家生产的不同系列产品在每个机架上可插放的模块数是不同的,一般为 3~10 块.可扩展的机架数也不同,一般为 2~8 个机架.基本机架和扩展机架之间的距离不宜太长,一般不超过 10m.一些 PLC 系统还具有远程 I/O 单元,可以联网应用.

模块式 PLC 的逻辑框图如图 2.1 所示,整体式 PLC 的逻辑框图如图 2.2 所示,尽管结构不太一样,但各部分的功能作用是相同的,下面对主要组成部分进行简单介绍.

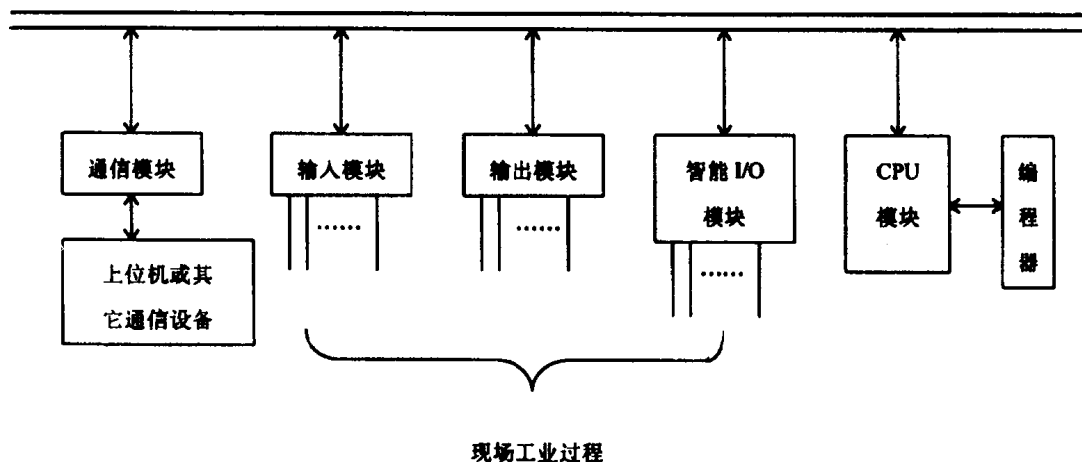


图 2.1 模块式 PLC 逻辑框图

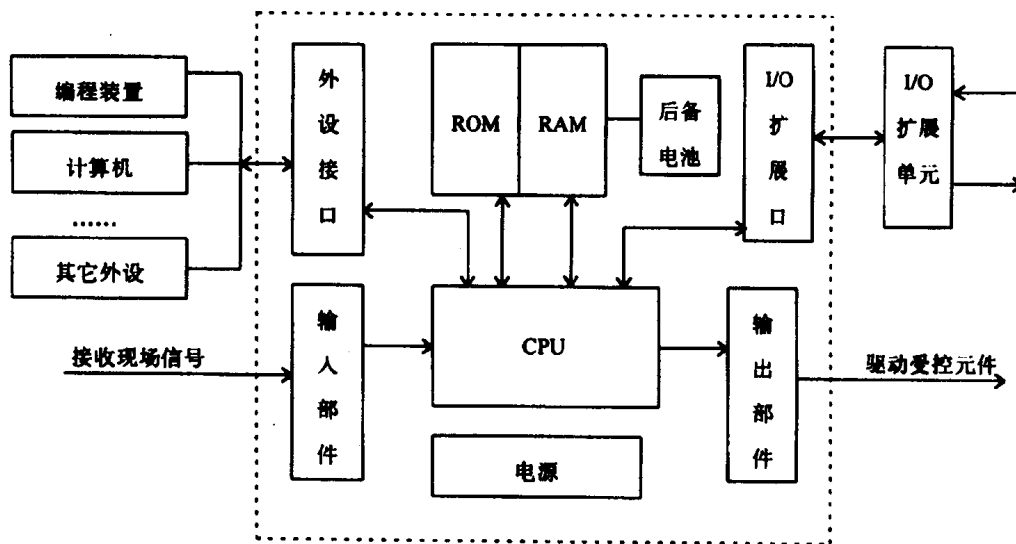


图 2.2 整体式 PLC 逻辑框图

2.1.2 PLC 各组成部分

1. 中央处理单元 CPU

同一般的微处理机一样,中央处理单元是 PLC 的主要部分,是系统的核心.它通过输入装置读入外设的状态,由用户程序去处理,并根据处理结果通过输出装置去控制外设.

一般的中型可编程控制器多为双微处理器系统.一个是字处理器,多为 8 位或 16 位的微处理器.如 OMRON C200H 用的是 MOTOROLA 公司的 MC68B09,这是一种增强型的 8 位微处理器.日本光洋(KOYO)电子公司生产的 SG-8 PLC 机其字处理机采用 NEC V30 MP70116,是 8086 增强型的 16 位微机芯片;也有一些 PLC 采用的是单片机,如 MCS-51 系列单片机等.另一个是位处理器,也称布尔处理器,是一些厂家设计制造的专用芯片.

字处理器是主处理器,由它处理字节操作指令,控制系统总线、内部计数器、内部定时器,监视扫描时间,统一管理编程接口,同时协调位处理器及输入输出.位处理器也称从处理器,它的主要作用是处理位操作指令和在机器操作系统的管理下实现 PLC 编程语言向机器语言的转换.位处理器的采用,加快了 PLC 的扫描速度,使 PLC 能较好地满足实时控制要求.表 2.1 是几家公司的 PLC 用户程序处理速度对照表.表中处理速度是指 PLC 执行 1 000 条基本指令所花费的时间.

2. 存储器

在可编程控制器系统中,存储器主要存放系统程序、用户程序及工作数据.系统程序是由 PLC 的制造厂家在研制系统时确定的,和机器的硬件组成有关,完成系统诊断、命令解释、功能子程序调用管理、逻辑运算、通信和各种参数设定等功能.系统程序在 PLC 使用过程中是不变动的,中小型 PLC 多使用 EPROM 或 PROM 来存放,大型 PLC 多使用

熔丝快速 ROM 存放. 系统程序关系到 PLC 的性能, 用户不能访问、修改这一部分存储器的内容.

表 2.1 PLC 用户程序处理速度对照表

型号	处理速度	生产厂家
SERIES 1	40	美国 GE 公司
Ti-530	8	Ti 公司
Ti-565	2.2	
S5-100U	70	西门子
S5-115U	18	
S5-150U	2	
S7-200	0.7	
S7-300	0.3	
A-130	10	AEG
A-350	4	
A-500	1.3	
HDC-100	2.5	日本富士

用户程序是随 PLC 的应用对象而定的, 它是用户根据使用环境和生产工艺的控制要求来编写的. 用户程序一般存放于带有后备电池的 CMOS 静态 RAM、紫外线可擦的 EPROM 和电可改写的 EEPROM 中. 为保证在断电和加电的瞬间, RAM 中的数据不丢失或被随机改写, 应采取掉电抗干扰保护措施和选择带控制端的 CMOS RAM, 控制端有效时禁止外电路对存储器的读写, 只维持数据, 避免了电源波动和正常电源与后备电池切换时产生的误写入.

工作数据是 PLC 在应用过程中经常变化、经常存取的一些数据. 这部分数据存储在 RAM 中, 以适应随机存取的要求. 在 PLC 系统的工作数据存储区, 开辟有输入输出数据映像区、计数器、定时器、辅助继电器等逻辑部件, 这些部件的设定值和当前值是根据用户程序的初始设置和运行状况而确定的. 根据需要, 部分数据在停电时用后备电池维持现行状态. 在掉电时可以保持数据的存储器区域称保持数据区.

综上所述, PLC 所用存储器基本上由 PROM, EPROM, EEPROM 及 RAM 等组成, 存储容量的大小随机器的型号而变化. 由于系统程序用户不可改变, 因而 PLC 产品样本或使用说明书中所列存储器容量, 系指用户程序和数据存储器而言.

3. 输入/输出部件

输入/输出部件通常亦称为 I/O 单元或 I/O 模块, PLC 通过 I/O 单元与工业生产过程现场相联系. 通过 I/O 接口可以检测被控对象或被控生产过程的各种参数, 以这些现场数据作为 PLC 对被控对象进行控制的信息依据. 同时 PLC 又通过 I/O 接口将处理结果送给被控设备或工业生产过程, 以实现控制.

PLC 提供了多种操作电平和驱动能力的 I/O 单元,有各种各样功能的 I/O 单元供用户选用.外部设备传感器和执行机构所需的信号电平是多种多样的,而 PLC 中 CPU 处理的信息只能是标准电平,所以 I/O 单元需实现这种转换.I/O 单元主要类型有:数字量输入、数字量输出、模拟量输入、模拟量输出等.

通常,I/O 单元上具有状态显示和 I/O 接线端子排,运行状况直观,安装和维护很方便.后续章节将对 SIMATIC S7-300 PLC 的 I/O 模块做详细介绍.

4. 编程装置和编程软件

PLC 是以顺序执行存储器中的程序来完成其控制功能的.根据生产工艺要求编制出的控制程序,通过一定方式输入到 PLC,并经过调试修改后成为可执行的控制程序.编程装置的主要任务就是编辑程序、调试程序和监控程序的执行,还可以在线测试 PLC 的内部状态和参数,与 PLC 进行人机对话.因此,编程装置是开发、应用、监控运行和检查维护 PLC 不可缺少的设备.编程装置可以是专用编程器,也可以是配有专用编程软件包的通用计算机系统.专用编程器由 PLC 生产厂家提供,它们只能用于某一生产厂家的某些 PLC 产品.专用编程器一般有简易编程器和图形编程器两种.

(1) 专用编程器

• 简易编程器

简易编程器不能直接输入和编辑梯形图程序,它只能输入和编辑语句表指令程序,因此又叫做指令编程器.有的简易编程器用发光二极管(LED)来显示指令的种类,用七段显示器显示用户存储器地址和编程元件的编号,指令和有关数字用按键输入.另一类指令编程器用 LED 或液晶点阵式显示器直接显示出英文字母表示的指令助记符,有的还可以用英文字母显示出其它信息,如编程错误和种类等.

简易编程器的体积很小,可以直接插在 PLC 的编程器插座上,或者用专用电缆与 PLC 相连,以方便编程和调试.

简易编程器的价格便宜,一般用来给小型 PLC 编程,或者用于 PLC 控制系统的现场调试和维修.

• 图形编程器

使用简易编程器时必须将梯形图程序转换为语句表指令程序,再用按键将指令程序写入 PLC.图形编程器可以直接生成和编辑工程人员所熟悉的梯形图程序,使用起来更直观、方便.但是它的价格较高,操作也比较复杂.

图形编程器大多数是便携式的,本质上是一台专用便携计算机.图形编程器可以在线编程,也可以离线编程,可将用户程序储存在编程器自己的存储器中.它可以很方便地与 PLC 的 CPU 模块互传程序,并可将程序写入专用 EPROM 存储卡中.大多数图形编程器带有磁盘驱动器,提供磁带录音机接口和打印机接口,能快速清楚地打印梯形图程序,包括图中的英文注释.也可以打印出指令表程序清单、编程元件表以及程序结构框图等.这些文件对程序的调试和维护是很有用的.

(2) PLC 编程软件包

专用编程器只能对同一 PLC 生产厂家的几种 PLC 产品编程,使用范围有限,价格一