

可编程序控制器 技术与应用系统设计

陈在平 赵相宾 主编

电气自动化
新技术丛书



机械工业出版社
China Machine Press



电气自动化新技术丛书

可编程序控制器技术 与应用系统设计

陈在平 赵相宾 主编



机械工业出版社

本书从工程实际应用角度出发, 阐述与介绍了目前国际上几个主要可编程序控制器 (PLC) 制造企业的主流新型产品, 以及它们在工程应用中所涉及到的主要技术问题, 包括 PLC 应用系统典型配置、PLC 及其功能模块的性能与功能指标、网络技术等的应用以及 PLC 系统工程设计方面的内容。本书的第 3~8 章从工程应用的角度分别介绍了 6 个制造企业的 PLC; 第 9 章介绍了基于网络化工作模式的 PLC 系统的基本配置与应用; 第 10、11 章分别介绍 PLC 系统的设计思想及程序设计方法。

本书不仅适合于从事控制技术的工程技术人员阅读, 也可供大专院校相关专业的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程序控制器技术与应用系统设计/陈在平, 赵相宾
主编. —北京: 机械工业出版社, 2002.6

(电气自动化新技术丛书)

ISBN 7-111-10256-8

I. 可… II. ①陈…②赵… III. 可编程序控制器
IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 035079 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 24 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 孙流芳 版式设计: 张世琴 责任校对: 程俊巧

封面设计: 姚毅 责任印制: 何全君

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷

850mm×1168mm^{1/32}·19.625 印张·1 插页·525 千字

0 001—4 000 册

定价: 37.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527
封面无防伪标均为盗版

《电气自动化新技术丛书》

序 言

科学技术的发展，对于改变社会的生产面貌，推动人类文明向前发展，具有极其重要的意义。电气自动化技术是多种学科的交叉综合，特别在电力电子、微电子及计算机技术迅速发展的今天，电气自动化技术更是日新月异。毫无疑问，电气自动化技术必将在建设“四化”、提高国民经济水平中发挥重要的作用。

为了帮助在经济建设第一线工作的工程技术人员能够及时熟悉和掌握电气自动化领域中的新技术，中国自动化学会电气自动化专业委员会和中国电工技术学会电控系统与装置专业委员会联合成立了《电气自动化新技术丛书》编辑委员会，负责组织编辑《电气自动化新技术丛书》。丛书将由机械工业出版社出版。

本丛书有如下特色：

一、本丛书是专题论著，选题内容新颖，反映电气自动化新技术的成就和应用经验，适应我国经济建设急需。

二、理论联系实际，重点在于指导如何正确运用理论解决实际问题。

三、内容深入浅出，条理清晰，语言通俗，文笔流畅，便于自学。

本丛书以工程技术人员为主要读者，也可供科研人员及大专院校师生参考。

编写出版《电气自动化新技术丛书》，对于我们是一种尝试，难免存在不少问题和缺点，希广大读者给予支持和帮助，并欢迎大家批评指正。

《电气自动化新技术丛书》

编辑委员会

《电气自动化新技术丛书》

编辑委员会成员

主 任：黄席樾

副主任：王兆安 王志良 赵相宾

委 员：	王 炎	王正元	王兆安	王志良
	刘宗富	孙武贞	孙流芳	许广锡
	许宏纲	朱稚清	陈伯时	陈敏逊
	李永东	李序葆	赵光宙	张 浩
	张敬民	周国兴	徐殿国	涂 健
	夏德铃	蒋静坪	黄席樾	舒迪前
	彭鸿才	霍勇进	戴先中	赵相宾

秘 书：刘凤英

《电气自动化新技术丛书》

出版基金资助单位

机械工业部天津电气传动设计研究所

深圳华能电子有限公司

北京电力电子新技术研究开发中心

天津普辰电子有限公司

中国电工技术学会

前 言

可编程序控制器 (PLC) 自从 20 世纪 70 年代诞生以来, 经过 30 余年的发展, 其各种功能与性能均获得了极大的提高与改进。目前 PLC 集数据处理、程序控制、参数调节以及网络数据通信等功能于一体, 不论是较为简单的单机逻辑与顺序控制, 还是复杂系统的控制, 选择适当的 PLC 都能获得满意的控制效果。在计算机集成制造系统 CIMS 与计算机集成过程控制系统 CIPS 系统中, PLC 也起到了重要的作用。可以说在网络化的多级工业控制系统中, PLC 在设备级与控制级有着其他控制装置所无法比拟的优势, 因此得到广大工业控制界的青睐, 同时也引起了国际上各大 PLC 制造企业的极大重视, 他们都倾全力开发研究可以满足工业生产需要的各种类型的 PLC, 并且已经形成了各自的系列化产品, 在不同的领域和地区也都形成了各自的一定优势与市场。因而作为现场工程师与控制系统设计人员, 熟悉与掌握各主要制造企业的 PLC 的主要功能与特点已成为非常紧迫与重要的任务。为此, 编者在查阅了最新的大量相关资料与产品用户手册, 并结合多年的工程与研究实践的基础上编写了这本书。在本书中的第 3~8 章中分别介绍了三菱电机、西门子 (SIEMENS)、欧姆龙 (OMRON)、MODICON、通用电气 (GE)、AB 等公司当前最新型或主流 PLC 与各种典型功能模块单元的基本性能与功能特点、实现系统控制的典型配置方式与要求等。考虑到目前工业控制系统的网络化发展需要以及 PLC 系统采用多级控制方式这样一种发展趋势, 在本书第 9 章中介绍了基于网络控制方式的 PLC 系统配置与设计。在本书的最后部分, 较详细地介绍了 PLC 系统设计的基本要求与思路, 特别是考虑到为了使工程技术人员能够遵循一定的规律进行 PLC 系统程序设计, 在第 11 章中较详细地介绍了

PLC 系统程序设计方法。

纵观本书所涵盖到的主要内容可以看出,编写此书的目的就是帮助广大工程技术人员以及大专院校的师生尽快地了解 and 熟悉目前在国内应用较为普遍的主流 PLC 或制造企业最新推出的 PLC 换代产品的主要应用功能与特点,为复杂 PLC 系统设计提供技术依据,学习和掌握进行系统设计的基本方法与规律。

本书由陈在平、赵相宾任主编,第 3 章由宋葭晖编写,陈在平、岳有军参加了部分工作,第 4、9 章由高强编写,第 5 章由赵钢编写,第 6 章由王志敏编写,第 7、8 章由岳有军编写,其余各部分由陈在平编写。全书由赵相宾、陈在平定稿。

在本书的编写过程中,得到了丛书编委会的大力支持,日本三菱电机 FA(工控)系统事业部程控器系统部经理陈静女士、电气传动编辑部韩芙华常务副主编与韩旭工程师,在本书的编写过程中都给予了极大的关心与支持。编者对此表示由衷的感谢。

在本书的编写过程中,还得到了日本三菱电机、OMRON(上海)公司,德国西门子公司,美国 GE、AB、MODICON 公司所提供的大量的宝贵资料,在此谨表衷心的感谢。

在本书的出版过程中,机械工业出版社的孙流芳编审与牛新国主任给予了极大的帮助与支持,在此一并致谢。

由于时间仓促,涉及内容较为广泛,加之编者水平所限,错误及不当之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2001 年 11 月

目 录

《电气自动化新技术丛书》序言

前言

第 1 章 概述	1
1.1 可编程序控制器的发展历史	1
1.2 PLC 的定义和特点	6
1.2.1 PLC 的定义	6
1.2.2 PLC 的特点	6
1.3 PLC 的主要功能和应用	10
1.4 PLC 与其他工业控制系统的比较	11
1.4.1 PLC 与继电器控制系统的比较	11
1.4.2 PLC 与计算机控制系统的比较	11
1.4.3 PLC 与集散控制系统的比较	12
1.5 PLC 的展望	13
1.5.1 PLC 的发展趋势	13
1.5.2 PLC 在我国的发展中需注意的问题	16
第 2 章 可编程序控制器的结构和工作原理	18
2.1 PLC 的结构	18
2.1.1 PLC 的硬件系统	18
2.1.2 PLC 的软件系统	28
2.2 PLC 的工作过程和工作原理	30
2.2.1 PLC 的工作过程	30
2.2.2 PLC 的输入输出过程	32
2.2.3 PLC 的中断输入处理过程	33
2.2.4 PLC 的工作原理	34
第 3 章 三菱电机可编程序控制器及其应用	36
3.1 三菱电机 PLC 概述	36
3.1.1 三菱电机 PLC 系列分类	36

3.1.2	三菱电机 PLC 的特点	38
3.2	三菱电机 PLC 基本系统构成	42
3.2.1	三菱电机 PLC 系统结构	43
3.2.2	硬件配置	44
3.2.3	PLC 模块的性能指标	49
3.2.4	PLC 软元件的介绍	83
3.2.5	多 PLC 系统的介绍	91
3.3	三菱电机 PLC 指令系统与应用程序的编制	95
3.3.1	梯形图与语句表编程方式	95
3.3.2	SFC 与标签、功能块编程方式	100
3.3.3	应用程序的编制与执行	105
3.3.4	PLC 编程软件的介绍	110
3.4	三菱电机 PLC 的网络通信	116
3.4.1	网络概要	116
3.4.2	信息层—Ethernet	120
3.4.3	控制层—MELSECNET/H	124
3.4.4	设备层—现场总线 CC-Link	132
3.4.5	与其他公司网络的连接	142
3.5	三菱电机 PLC 的应用实例	144
3.5.1	在烟草行业的应用	144
3.5.2	在空调行业的应用	147
3.5.3	在汽车行业的应用	150
3.5.4	在 IT 行业的应用	156
附录	三菱电机 FA 产品信息网站	164
第 4 章	西门子 SIMATIC S7-300 可编程序控制器及其 应用	166
4.1	SIMATIC S7 PLC	166
4.1.1	概述	166
4.1.2	SIMATIC S7-300 系统结构	167
4.1.3	S7-300 的通信	171
4.2	SIMATIC S7-300 基本系统构成	172
4.2.1	S7-300 PLC 中央处理单元 CPU 模块	172
4.2.2	S7-300 PLC 数字量模块	180

4.2.3	S7-300PLC 模拟量模块	183
4.2.4	S7-300PLC 系统供电与接地	188
4.3	S7-300 指令系统与应用程序编程	191
4.3.1	指令及其结构	192
4.3.2	位逻辑运算指令	196
4.3.3	定时器指令	200
4.3.4	计数器指令	204
4.3.5	装入和传送指令	207
4.3.6	比较指令	210
4.3.7	转换指令	212
4.3.8	算术运算指令	213
4.3.9	字逻辑运算指令	215
4.3.10	移位和循环移位指令	215
4.3.11	控制指令	217
4.3.12	编程环境简介	222
4.4	SIMATIC S7-300 的网络通信	227
4.4.1	西门子 PLC 网络	227
4.4.2	MPI 网络与全局数据通信	231
4.4.3	S7-300 PLC 与其他计算机的通信	233
4.4.4	PROFIBUS 现场总线	236
4.4.5	网络建立	237
4.5	SIMATIC S7-300 应用实例	238
4.5.1	泵站工况概述	238
4.5.2	硬件系统构成	240
4.5.3	软件监控实现	241
第 5 章	OMRON 可编程序控制器及其应用	244
5.1	OMRON PLC 概述	244
5.1.1	微型 PLC	244
5.1.2	小型 PLC	245
5.1.3	中型 PLC	245
5.1.4	大型 PLC	246
5.1.5	SRM1 PLC	246
5.1.6	PLC 的通信网络	246

5.1.7	OMRON PLC 的性能比较	247
5.2	CS1 系列 PLC 的硬件体系结构分析	247
5.2.1	CS1 系列 PLC 概述	247
5.2.2	CS1 系列 PLC 的应用系统结构分析	249
5.2.3	CS1 系列 PLC 的应用模块单元	252
5.2.4	CS1 系列 PLC 的数据存储区与编程元件编号	254
5.2.5	CS1 系列 PLC 的编程工具简介	260
5.3	CS1 系列 PLC 指令系统与应用程序编制	263
5.3.1	指令系统概述	263
5.3.2	CS1 系列 PLC 编程的相关规定	263
5.3.3	梯形图基本指令与应用编程	269
5.4	OMRON PLC 的网络通信	308
5.4.1	概述	308
5.4.2	信息网层设备及其功能	310
5.4.3	控制器链接网络层设备及其功能	311
5.4.4	网络层设备及其功能	312
5.4.5	串行通信技术	315
5.4.6	SYSMAC 网络连接系统简介	317
5.5	OMRON PLC 的应用举例	319
5.5.1	基于 CS1 系列 PLC 的控制器网应用系统	319
5.5.2	OMRON PLC 网络控制技术在水处理控制系统中的 应用	320
第 6 章	MODICON 可编程控制器及其应用	322
6.1	MODICON PLC 概述	322
6.2	PLC 的性能指标	323
6.3	MODICON PLC 基本系统 (硬件) 构成	326
6.3.1	系统结构	326
6.3.2	硬件配置	330
6.4	基本单元与扩展单元基本工作性能	332
6.4.1	电源模块	332
6.4.2	CPU 模块	337
6.4.3	网络模块及通信	342
6.4.4	Quantum 智能/专用 I/O 模块	351

6.5	编程环境 (concept) 概述	360
6.5.1	Concept 的性能特点	361
6.5.2	PLC 的硬件配置	362
6.5.3	编程综述	362
6.5.4	编辑器	363
6.5.5	联机、操作监视和通信功能	366
6.5.6	实用程序	366
6.5.7	结构化项目	367
6.5.8	设计项目概述	369
6.6	梯形图和指令表	370
6.6.1	梯形图概述	370
6.6.2	MODICON 梯形图语句	372
6.6.3	MODICON 984 PLC 梯形图	380
6.6.4	指令表	395
6.7	PLC 系统的设计与配置实例	406
6.7.1	自动控制系统设计的内容和 PLC 选型	406
6.7.2	PLC 系统配置实例	409
6.7.3	设计实例	411
第 7 章	GE 可编程序控制器及其应用	417
7.1	GE 公司 PLC 系统概述	417
7.1.1	90-30 系列 PLC	417
7.1.2	90-70 系列 PLC	417
7.2	GE PLC 基本系统 (硬件) 构成	418
7.2.1	90-30 系列 PLC 基本系统构成	418
7.2.2	90-70 系列 PLC 硬件基本构成	425
7.3	GE PLC 指令系统与应用程序编制	433
7.3.1	90-30 系列 PLC 梯形图指令系统	433
7.3.2	90-70 系列 PLC 梯形图指令系统	448
7.3.3	编程软件	455
7.4	GE PLC 的网络通信	456
7.4.1	90 系列 PLC 网络通信	456
7.4.2	90 系列 PLC 通信模块及相关设备	459
第 8 章	AB 公司可编程序控制器及其应用	467

8.1	SLC 500 系列 PLC 系统概述	467
8.2	SLC 500 系列基本系统 (硬件) 构成	469
8.2.1	固定式控制器基本系统构成	469
8.2.2	模块式控制器基本系统构成	469
8.3	SLC 500 指令系统与应用程序编制	475
8.3.1	SLC 500 PLC 的指令系统	475
8.3.2	编程软件	495
8.4	SLC 500 PLC 的网络通信	495
8.4.1	SLC 500 PLC 通信网络	495
8.4.2	SLC 500 PLC 通信模块及相关设备	497
第 9 章	可编程序控制器的网络通信技术与应用	503
9.1	计算机网络与 PLC 网络概述	503
9.1.1	计算机网络模型	503
9.1.2	PLC 及其网络	504
9.2	PLC 网络的拓扑结构及其各级子网通信协议配置的原则	505
9.2.1	生产金字塔结构与工厂计算机控制系统模型	505
9.2.2	PLC 网络的拓扑结构	506
9.2.3	PLC 网络的各级子网通信协议配置的规律	508
9.3	PLC 网络中常用的通信方法	509
9.3.1	RS-232C 与 RS-485 标准	509
9.3.2	PLC 网络中常用的通信方式	511
9.4	现场总线和 PROFIBUS 现场总线	514
9.4.1	现场总线概述	514
9.4.2	PROFIBUS 的协议概要	516
9.4.3	PROFIBUS 控制系统	519
9.5	PLC 网络的应用实例	521
9.5.1	点对点式 PLC 网络在高炉上料控制中的应用	521
9.5.2	多级分布式 PLC 网络在钢铁工业的 CIMS 中的应用	524
第 10 章	可编程序控制器控制系统设计	528
10.1	概述	528
10.1.1	PLC 控制系统的设计基本原则与主要内容	528
10.1.2	PLC 控制系统设计的一般步骤	530
10.1.3	PLC 控制系统模式的选择	531

10.2	PLC 控制系统硬件的配置选择	533
10.2.1	PLC 机型的选择	534
10.2.2	PLC 容量估算	538
10.2.3	PLC 输入/输出模块的选择	539
10.3	系统(程序)软件设计概述	542
10.4	控制系统的可靠性设计	545
10.4.1	系统可靠性的一般概念	545
10.4.2	PLC 控制系统的抗干扰设计	547
10.4.3	环境技术条件设计	552
10.4.4	控制系统的冗余设计	555
10.4.5	控制系统的供电系统设计	562
第 11 章	可编程序控制器系统程序设计方法	565
11.1	基于组合逻辑函数法的 PLC 控制系统程序设计	565
11.1.1	概述	565
11.1.2	开关逻辑函数	565
11.1.3	PLC 系统程序的组合逻辑设计法示例	571
11.2	基于功能转移图方法的 PLC 控制系统程序设计	576
11.2.1	功能转移图与功能转移函数的概念	577
11.2.2	功能转移图的基本环节	577
11.2.3	基于功能转移图与控制信号流状态表法的程序设计 示例	579
11.3	基于 Petri 网方法的 PLC 控制系统程序设计	584
11.3.1	Petri 网的基本概念	586
11.3.2	基本环节的 Petri 网图	590
11.3.3	Petri 网的分析方法	593
11.3.4	Petri 网控制器设计	600
11.3.5	基于 Petri 网的系统程序设计	604
	参考文献	609

第 1 章 概 述

可编程序控制器是以微处理器为基础,综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术发展起来的一种通用的工业自动控制装置。它具有体积小、功能强、灵活通用与维护方便等一系列的优点。特别是它的高可靠性和较强的适应恶劣环境的能力,受到用户的青睐。因而在冶金、化工、交通、电力等领域获得了广泛的应用,成为了现代工业控制的三大支柱之一。

1.1 可编程序控制器的发展历史

在可编程序控制器问世以前,工业控制领域中是继电器控制占主导地位。这种由继电器构成的控制系统有着明显的缺点: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更差,如果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,在底特律的美国通用汽车公司(GM 公司)为了在每次汽车改型或改变工艺流程时能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,提出了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,即十项招标技术指标。其主要内容如下:

(1) 在使用者的工厂里,能以最短中断服务时间,迅速方便地对其控制的硬件和设备进行编程及重新进行程序的设计。

(2) 所有系统单元必须能在工厂内无特殊支持的设备、硬件及环境条件下运行。

(3) 系统的维修必须简单易行。在系统中应设计有状态指示器及插入式模块,以便在最短的停车时间内使维修和故障诊断变得简单易行。

(4) 装置的体积应小于原有继电器控制柜的体积，它的能耗也应较少。

(5) 必须能与中央数据收集处理系统进行通信，以便监视系统的运行状态和运行情况。

(6) 输入开关量可以是已有的标准控制系统的按钮和限位开关的交流 115V 电压信号。

(7) 输出的驱动信号必须能驱动以交流运行的电动机起动器和电磁阀线圈，每个输出量将设计为可开停和连续操纵具有 115V、2A 以下容量的电磁阀等负载设备。

(8) 具有灵活的扩展能力。在扩展时，必须能以系统最小的变动及最短的更换和停机时间，使原有装置从系统的最小配置扩展到系统的最大配置。

(9) 在购买和安装费用上，应有与原有继电器控制和固态逻辑控制系统的竞争力，即有高的性能价格比。

(10) 用户存储器容量至少在 4KB 以上(根据当时的汽车装配过程的要求提出)。

从上述十项指标可以看出，它实际上就是当今可编程序控制器的最基本的功能。将它们归纳一下，其核心为四点：

- (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。

美国的数字设备公司 (DEC) 中标，并在 1969 年研制出了第一台可编程序控制器 (PDP-14)。其后，美国的 MODICON 公司也推出了 084 控制器，1971 年，日本推出了 DSC-8 控制器，1973 年西欧各国的各种可编程序控制器也研制成功。我国在 1974 年开始研制可编程序控制器。

1. 可编程序控制器发展的几个阶段 可编程序控制器的发展与计算机技术、半导体集成技术、控制技术、数字技术、通信网络技术等高新技术的发展息息相关。这些高新技术的发展推动