

三菱FX系列 PLC

应用技术

● 龚仲华 编著



三菱FX系列 PLC

应用技术

● 龚仲华 编著

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

三菱FX系列PLC应用技术 / 龚仲华编著. — 北京 :
人民邮电出版社, 2010.10
ISBN 978-7-115-23451-3

I. ①三… II. ①龚… III. ①可编程序控制器 IV.
①TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字 (2010) 第129238号

内 容 提 要

本书以 FX 系列 PLC 的应用为目的, 结合 PLC 的最新技术, 从 PLC 控制系统工程设计的要求出发, 在介绍 PLC 原理、PLC 工程设计准则等知识的基础上, 对三菱 FX 系列 PLC 的选型与配置、控制电路设计、程序设计、编程软件使用、系统调试与维修等方面的内容进行了全面、系统、深入的介绍, 大量的内容为同类书籍中首次编写。

全书分“PLC 基础篇”、“一般应用篇”、“特殊功能篇”、“编程软件篇”4 篇共 13 章。内容全面系统, 数据翔实; 编写由浅入深, 层次分明; 理论联系实际, 面向工程应用; 选材先进典型, 应用实例丰富。

本书的编写旨在使工程技术人员 (包括初学者) 能够通过学习, 完成从掌握 PLC 原理到完全应用 FX 系列 PLC 的全过程, 它对从事 PLC 系统设计与应用的技术人员具有重要的实用价值, 也可作为各类 PLC 培训班的教材, 以及大专院校师生、研究生的优秀参考资料与教学参考书。

三菱 FX 系列 PLC 应用技术

- ◆ 编 著 龚仲华
责任编辑 付方明
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京铭成印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 42.75
字数: 1107 千字 2010 年 10 月第 1 版
印数: 1—4 000 册 2010 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-23451-3

定价: 75.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

前 言

PLC 是一种面向工业自动化各领域的通用控制装置。三菱公司是全世界最早生产 PLC 的厂家之一，其产品长期以来都得到了用户与市场的广泛认可，FX 系列 PLC 是该公司目前的主要产品，代表了当前小型 PLC 技术的发展方向与趋势。

为了满足广大工程技术人员设计与提高的需要，便于读者全面、系统、深入地掌握 PLC 的应用技术，本书以 PLC 的工程应用为目的，在广泛吸收国外先进标准、先进设计理念的基础上，全面而系统地介绍了 PLC 原理、PLC 工程设计准则等基础知识；三菱 FX1S/FX1N/FX2N/FX3U 系列的性能、特点与组成，控制系统的硬件与连接，编程指令与软件的设计方法；FX-GP/WIN-C 与 GX Developer 编程软件的使用，PLC 现场调试与维修技术等方面的重要内容。

全书分“PLC 基础篇”、“一般应用篇”、“特殊功能篇”、“编程软件篇”4 篇共 13 章。

第 1~3 章为 PLC 基础篇。本篇在介绍 PLC 的基本概念、组成、工作原理、编程语言等基础知识的同时，结合国外的最新标准与先进设计理念，全面介绍了 PLC 选型、控制系统主回路设计、控制回路设计、安全电路设计、I/O 接口电路设计、可靠性与安装连接设计的基本方法与具体步骤，并提供了符合最新标准与工程设计要求的、完整的控制系统硬件设计实例，它对各类电气设计、维修人员有很大的实用参考价值。

第 4~6 章为一般应用篇。第 4 章介绍了 FX 系列 PLC 的基本单元与扩展选件规格、技术性能、功能、用途、连接要求等，本章是 FX 系列 PLC 产品选型、电路设计的技术指南。第 5 章介绍了 FX 系列 PLC 的顺序控制指令及 SFC 编程与步进梯形图编程技术。第 6 章介绍了 FX 系列 PLC 的程序执行控制、数据操作、简化编程、数据块操作、字符操作等指令的编程方法与应用案例。本篇是 FX 系列 PLC 在传统顺序控制领域的应用基础。

第 7~11 章为特殊功能篇。第 7 章介绍了 FX 系列 PLC 用于操作面板与显示控制、集成高速 I/O 控制、定位控制等的特殊控制指令及工程应用实例。

第 8~11 章为 FX 系列 PLC 的模拟电压/电流 I/O、温度测量与控制、高速计数与定位控制、通信与网络控制的扩展选件介绍。本部分全面、系统地介绍了 FX 系列 PLC 所有扩展选件的技术性能、连接要求、参数、控制方法、编程指令，内容翔实，实例丰富。本篇是 FX 系列 PLC 在现场控制、运动控制领域的应用基础，大量的内容为同类书籍中首次编写。

第 12、13 章为编程软件篇。第 12、13 章分别介绍了 FX-GP/WIN-C 编程软件与 GX Developer 编程软件的安装、操作、梯形图程序编辑、在线监控、诊断与仿真的操作方法与

步骤。

本书内容全面具体，编写由浅入深，实例丰富，面向工程应用，对 FX 系列 PLC 的硬件模块与编程指令介绍无一遗漏，可以满足不同要求、不同层次的读者需要。本书力争使读者能够在不借助其他参考资料的前提下，即可完成 FX 系列 PLC 控制系统从电路设计、程序设计到调试、维修的全过程，它对各类电气设计人员、PLC 控制系统工程设计人员有重要的实用参考价值。

本书在编写过程中参考了三菱公司的技术资料，并且得到了该公司技术人员的大力支持与帮助，在此一并表示衷心的感谢。

因作者水平有限，书中难免有错误与不当之处，敬请读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 篇 PLC 基础篇

第 1 章 PLC 原理与基础..... 3	2.2 系统规划.....41
1.1 PLC 的产生与发展..... 3	2.2.1 明确控制要求.....41
1.1.1 PLC 的产生..... 3	2.2.2 确定系统结构与规模.....45
1.1.2 PLC 的定义及标准..... 5	2.2.3 配置 PLC 硬件.....47
1.1.3 PLC 的发展..... 6	2.2.4 系统规划实例.....49
1.2 PLC 的特点与功能..... 9	2.3 PLC 控制系统的硬件设计.....53
1.2.1 PLC 的特点..... 9	2.3.1 硬件设计概述.....53
1.2.2 PLC 的功能..... 11	2.3.2 安全设计准则.....56
1.3 PLC 的结构与产品..... 13	2.3.3 安全电路设计.....59
1.3.1 PLC 的基本结构..... 13	2.4 I/O 连接设计.....60
1.3.2 PLC 的分类..... 16	2.4.1 开关量输入连接.....61
1.3.3 常用的 PLC 产品..... 17	2.4.2 开关量输出连接.....69
1.4 PLC 的组成与原理..... 19	2.5 可靠性与安装、连接设计.....73
1.4.1 PLC 的硬件组成..... 19	2.5.1 可靠性设计.....73
1.4.2 PLC 的软件组成..... 22	2.5.2 安装与连接设计.....76
1.4.3 PLC 的常用外部设备..... 23	2.6 电路设计实例.....80
1.5 PLC 的工作原理..... 28	2.6.1 工业搅拌机系统.....80
1.5.1 等效工作电路..... 28	2.6.2 复杂控制系统设计实例.....84
1.5.2 PLC 的工作过程..... 30	
1.6 PLC 编程语言..... 33	第 3 章 PLC 控制系统的调试与 维修.....90
第 2 章 PLC 控制系统设计..... 38	3.1 PLC 控制系统的调试.....90
2.1 控制系统设计原则与步骤..... 38	3.1.1 调试前的准备.....90
2.1.1 控制系统设计原则..... 38	3.1.2 基本检查.....92
2.1.2 系统设计的步骤..... 40	3.1.3 硬件调试.....93

3.1.4 软件调试	95	3.3.2 常见故障的分析	102
3.2 操作编程故障的分析与处理	96	3.4 FX 系列 PLC 的状态指示灯	106
3.3 PLC 控制系统的故障分析	100	3.5 PLC 的日常维护	109
3.3.1 故障分析的基本方法	101		

第 2 篇 一般应用篇

第 4 章 硬件性能与配置	115	5.3.1 基本定时指令	191
4.1 产品系列与性能比较	115	5.3.2 定时功能扩展	193
4.1.1 产品系列与结构	115	5.4 计数控制指令	197
4.1.2 性能比较	117	5.4.1 基本计数指令	197
4.2 FX1S 系列 PLC	119	5.4.2 高速计数器	200
4.2.1 产品规格与技术性能	119	5.4.3 计数功能扩展	202
4.2.2 连接要求	124	5.5 SFC 编程	204
4.3 FX1N 系列 PLC	128	5.5.1 编程规则与要点	204
4.3.1 基本单元	128	5.5.2 程序结构	211
4.3.2 扩展性能	132	5.5.3 分支与汇合	214
4.3.3 扩展选件的配置	137	5.6 步进梯形图编程	217
4.4 FX2N 系列 PLC	140	5.6.1 基本指令	217
4.4.1 基本单元	140	5.6.2 编程要点	220
4.4.2 连接要求	144	5.6.3 编程实例	223
4.4.3 扩展性能	147		
4.4.4 扩展选件规格	149	第 6 章 应用指令与编程	234
4.5 FX3U 系列 PLC	154	6.1 应用指令概述	234
4.5.1 基本单元	154	6.1.1 应用指令的基本说明	234
4.5.2 连接要求	158	6.1.2 操作数格式与寄存器的使用	236
4.5.3 扩展性能	163	6.2 程序执行控制指令	240
4.5.4 扩展选件规格	166	6.2.1 程序跳转、子程序调用与循环指令	241
第 5 章 顺序控制指令与编程	168	6.2.2 中断控制指令	244
5.1 FX 编程基础	168	6.2.3 条件判断指令	250
5.1.1 编程语言与指令格式	168	6.3 数据比较、传送、移位指令	251
5.1.2 编程元件	171	6.3.1 数据比较指令	251
5.1.3 存储器	175	6.3.2 数据传送指令	253
5.2 逻辑处理指令	177	6.3.3 数据转换与移位指令	259
5.2.1 基本逻辑处理指令	177	6.4 数据运算与表格操作指令	267
5.2.2 典型程序	182	6.4.1 二进制运算指令	267
5.2.3 逻辑功能指令	185	6.4.2 浮点数转换与运算	
5.3 定时控制指令	191		

指令	270	指令	294
6.4.3 数据表操作指令	274	6.7.3 数据块比较指令	297
6.5 PLC 控制与时钟处理指令	278	6.8 ASCII 字符操作指令	298
6.5.1 PLC 控制指令	278	6.8.1 功能概述	298
6.5.2 时钟处理指令	281	6.8.2 ASCII 码转换指令	299
6.6 简化编程指令	285	6.8.3 ASCII 码处理指令	307
6.7 数据块操作指令	291	6.8.4 ASCII 码传送与替换 指令	308
6.7.1 数据块的算术运算 指令	292	6.9 扩展文件寄存器操作指令	311
6.7.2 数据块的分离与组合			

第 3 篇 特殊功能篇

第 7 章 集成功能与控制指令

7.1 PLC 特殊功能概述	319
7.1.1 特殊功能的特点	319
7.1.2 特殊功能的分类	320
7.2 操作面板与显示控制	323
7.2.1 矩阵扫描面板控制	324
7.2.2 数字键与编码开关 输入控制	326
7.2.3 电位器的输入转换	330
7.2.4 七段数码管显示控制	332
7.2.5 综合应用例	335
7.3 集成高速 I/O 控制	338
7.3.1 高速计数输入控制	338
7.3.2 电子凸轮与回转计数 控制	341
7.3.3 高速脉冲输出控制	345
7.4 集成定位控制	349
7.4.1 功能说明	349
7.4.2 基本定位控制指令	351
7.4.3 绝对编码器数据读入	355
7.4.4 FX3U 定位功能扩展	359
7.4.5 FX1N 控制交流伺服 实例	362

7.4.6 FX3U 控制交流实例	367
-------------------------	-----

第 8 章 模拟电压/电流转换功能

8.1 扩展选件的选择与使用	373
8.1.1 扩展选件的分类	373
8.1.2 模拟量 I/O 扩展选件的 连接要求	376
8.1.3 特殊功能模块的编程	378
8.2 模拟量 I/O 功能扩展板	380
8.2.1 FX1N-2AD-BD	381
8.2.2 FX1N-1DA-BD	383
8.2.3 FX3U-4AD-ADP	385
8.2.4 FX3U-4DA-ADP	391
8.3 模拟量输入功能模块	394
8.3.1 FX2N-2AD	394
8.3.2 FX2N-4AD	397
8.3.3 FX2N-8AD	403
8.3.4 FX3U-4AD	416
8.4 模拟量输出功能模块	423
8.4.1 FX2N-2DA	423
8.4.2 FX2N-4DA	426
8.4.3 FX3U-4DA	429
8.4.4 表格型 D/A 转换	439
8.5 模拟量 I/O 混合模块	441
8.5.1 FX0N-3A	441

8.5.2	FX2N-5A	445	10.3.4	编程实例	523
8.5.3	非线性输出特性的 定义	454	10.4	FX2N-10PG 定位模块	527
第 9 章 温度测量与控制功能		456	10.4.1	性能与连接	527
9.1	扩展选件的选择与使用	456	10.4.2	参数与功能	529
9.1.1	扩展选件的分类	456	10.4.3	中断型定位与数据表 定位	534
9.1.2	温度测量输入的连接 要求	459	10.5	FX2N-10GM 位置控制单元	540
9.2	FX3U 外置式温度测量扩展板	460	10.5.1	性能与连接	540
9.2.1	FX3U-4AD-PT-ADP	460	10.5.2	缓冲存储器参数	543
9.2.2	FX3U-4AD-TC-ADP	463	10.5.3	FX2N-10GM 内部 参数	548
9.3	温度测量特殊功能模块	466	10.5.4	定位程序的编制	554
9.3.1	FX2N-4AD-PT	466	10.5.5	顺控程序的编制	557
9.3.2	FX2N-4AD-TC	469	10.5.6	编程实例	559
9.4	FX2N-2LC 温度测量与控制 模块	471	10.6	FX2N-20GM 位置控制单元	562
9.4.1	性能与规格	471	10.6.1	性能与连接	562
9.4.2	连接要求与参数	473	10.6.2	参数说明	565
9.4.3	闭环控制编程实例	480	10.6.3	编程与控制	568
9.5	模拟量控制系统的编程	484	第 11 章 通信与网络功能		571
9.5.1	PID 调节指令	484	11.1	PLC 通信基础	571
9.5.2	其他控制指令	495	11.1.1	基本概念	571
第 10 章 高速计数与定位控制 功能		499	11.1.2	标准串行接口	573
10.1	扩展选件与功能扩展板	499	11.1.3	通信连接形式与协议	576
10.1.1	扩展选件	499	11.2	通信扩展板的性能与连接	578
10.1.2	FX3U-4HSX-ADP	501	11.3	通信扩展板的编程	582
10.1.3	FX3U-2HSY-ADP	504	11.3.1	串行异步通信 指令 RS	582
10.2	FX2N-1HC 高速计数模块	505	11.3.2	RS 的通信模式	584
10.2.1	性能与连接	505	11.3.3	RS 指令编程实例	587
10.2.2	计数模式	507	11.4	FX3U 新增通信指令	591
10.2.3	编程与控制	509	11.4.1	串行同步通信指令	591
10.3	FX2N-1PG 定位模块	512	11.4.2	变频器的通信控制	593
10.3.1	性能、连接与参数	512	11.5	FX2N-232IF 通信模块	604
10.3.2	位置控制的基本 设定	517	11.5.1	性能与连接	604
10.3.3	操作模式选择	519	11.5.2	FX2N-232IF 的通信模式	607
			11.5.3	FX2N-232IF 参数说明	610
			11.5.4	编程实例	615

11.6 PLC 网络系统	618	11.6.2 CC-Link 的特点与功能·····	620
11.6.1 网络功能与模块	618	11.6.3 CC-Link 网络通信·····	625

第 4 篇 编程软件篇

第 12 章 FX-GP/WIN-C 编程软件·····	633	界面·····	646
12.1 软件安装与操作界面	633	13.1.1 软件的安装与设置·····	646
12.1.1 软件的安装与设置	633	13.1.2 操作界面	649
12.1.2 操作界面	635	13.2 梯形图编辑·····	650
12.2 梯形图程序的编辑	637	13.2.1 梯形图输入与编辑·····	650
12.2.1 程序的输入与保存	637	13.2.2 编程元件的替换 功能	652
12.2.2 梯形图程序编辑	639	13.2.3 注释与符号地址表·····	655
12.3 在线监控与诊断	644	13.3 在线监控与仿真·····	656
第 13 章 GX Developer 编程软件·····	646		
13.1 软件安装、设置与操作			

附录

附录 1 FX 系列 PLC 特殊辅助继 电器/数据寄存器表	659	附录 2 FX 系列 PLC 应用指令 总表	667
---	-----	---------------------------------	-----

第 1 章

PLC 原理与基础

1.1 PLC 的产生与发展

1.1.1 PLC 的产生

可编程序控制器（Programmable Logic Controller，简称 PLC）是随着科学技术的进步与生产方式的转变，为适应多品种、小批量生产的需要而产生、发展起来的一种新型的工业控制装置。

PLC 从 1969 年问世以来，虽然至今只有 40 多年时间，但由于其通用性好、可靠性高、使用简单，因而在工业自动化的各领域得到了广泛的应用。曾经有人将 PLC 技术与数控技术（CNC）、CAD/CAM 技术、工业机器人技术并称为“现代工业自动化技术的四大支柱”。

1. 继电—接触器控制系统存在的问题

众所周知，制造业中使用的生产设备与生产过程的控制装置，一般由工作机构、传动机构、执行机构及控制系统等部分组成。其中的电气操作与控制部分，称为电气控制装置或电气控制系统。

最初（包括目前使用的一些简单机械）的电气控制装置，只是一些简单的手动电器（如刀开关、正/反转开关等），这些电器只适用于小容量电机、简单控制的场合。随着生产机械对自动控制要求的日益提高，电气控制装置逐步发展成了各种形式的电气自动控制系统。

作为常用电气自动控制系统的一种，人们习惯上把以继电器、接触器、按钮、开关等为主要器件所组成的逻辑控制系统称为“继电—接触器控制系统”。

继电—接触器控制系统具有结构简单、生产成本低、抗干扰能力强、故障检修直观方便、适用范围广的特点，它不仅可以实现生产设备、生产过程的自动控制，还可以满足大容量、远距离、集中控制的要求。因此，直到今天，继电—接触器控制系统仍是工业自动控制领域最基本的控制系统之一。

继电—接触器控制系统的控制元件（继电器、接触器）均为独立元件，系统的逻辑顺序控制功能只能通过控制元件间的不同连接实现，因此存在以下不足。

① 通用性、灵活性差。当生产流程或工艺发生变化，需要更改控制要求时，必须更改接线或增减控制器件，有时甚至需要重新设计，因此难以满足多品种、小批量生产的要求。

② 体积大，材料消耗多。继电—接触器控制系统的逻辑控制需要通过电器与电器间的连接实现，安装电器需要大量的空间，连接电器需要大量的导线，控制系统的体积大，材料消耗多。

③ 运行费用高，噪声大。继电器、接触器均为电磁器件，系统工作时需要消耗较多的电能，同时，继电器、接触器的通/断会产生较大的噪声，对工作环境造成不利的影响。

④ 功能局限性大。继电—接触器控制系统在精确定时、计数等方面的功能不完善，影响了系统的整体性能，它只能用于定时要求不高、计数简单的场合。

⑤ 可靠性较低。系统的逻辑顺序控制功能需要通过触点的通/断实现，其工作频率低，工作电流大，长时间使用易损坏触点或产生接触不良，直接影响到系统工作的可靠性。

⑥ 不具备现代工业控制所需要的数据通信、网络控制等功能。

因此，继电—接触器控制系统难以适应现代复杂多变的生产控制要求与生产过程控制集成化、网络化的需要。

2. PLC 的产生

为了解决继电—接触器控制系统存在的问题，20 世纪 50 年代末，人们曾设想利用计算机功能完备、通用性、灵活性强的特点来解决以上问题。但由于当时的计算机原理复杂，生产成本高，程序编制难度大，加上工业控制需要大量的外围接口设备，可靠性问题突出，这一设想最终未能成为现实。

到了 20 世纪 60 年代末，有人这样设想：能否把计算机通用、灵活、功能完善的特点与继电—接触器控制系统的简单易懂、使用方便、生产成本低的特点结合起来，生产出一种面向生产过程顺序控制，可利用简单语言编程，让完全不熟悉计算机的人也能方便使用的控制器呢？

这一设想最早由美国最大的汽车制造商——通用汽车公司（GM 公司）于 1968 年提出。当时，该公司为了适应汽车市场多品种、小批量的生产需求，需要解决汽车生产线继电—接触器控制系统中普遍存在的通用性、灵活性差的问题，提出了对一种新颖控制器的十大技术要求，并面向社会进行招标。十大技术要求具体如下：

- ① 编程方便，且可以在现场方便地编辑、修改控制程序；
- ② 价格便宜，性价比要高于继电器系统；
- ③ 体积要明显小于继电器控制系统；
- ④ 可靠性要明显高于继电器控制系统；
- ⑤ 具有数据通信功能；
- ⑥ 输入为 AC 115 V；
- ⑦ 输出驱动能力在 AC 115 V/2 A 以上；
- ⑧ 硬件维护方便，最好采用插接式结构；
- ⑨ 只需要对原系统进行很小的改动便能进行扩展；
- ⑩ 用户存储器容量至少可以扩展到 4 KB。

针对以上要求，美国数字设备公司（DEC 公司）在 1969 年率先研制出了全世界第一台新型控制器，并称之为“可程序逻辑控制器”（Programmable Logic Controller，简称 PLC）。该样机在 GM 公司的应用获得成功后，PLC 得到了快速发展，并被广泛用于各种开关量逻辑运算与处理的场合。

PLC 早期的硬件主要由分立元件与小规模集成电路构成，它虽然采用了计算机技术，但指令系统、软件与功能相对较简单，一般只能进行逻辑运算的处理，但计算机的内部结构得到了简化，可靠性得到了提高，并能与工业环境相适应。

在 PLC 的发展过程中, 20 世纪 70 年代初期曾出现过一些由二极管矩阵、集成电路等组成的顺序控制器。20 世纪 70 年代末期曾出现过以 MC14500 工业控制单元 (Industrial Control Unit, 简称 ICU) 为核心, 由 8 通道数据选择器 (MC14512)、指令计数器 (MC14516)、8 位可寻址双向锁存器 (MC14599)、存储器 (2732) 等组成的 ICU 可编程程序控制器等产品。

以上产品与 PLC 相比, 虽然具有一定的价格优势, 但最终还是因可靠性、功能等多方面的原因, 未能得到进一步的推广与发展; 而 PLC 则随着微处理器价格的全面下降, 以其优良的性价比, 得到了迅速发展, 并成为了当代工业自动控制技术的重要支柱技术之一。

1.1.2 PLC 的定义及标准

1. PLC 的定义

PLC 技术一经出现, 立即引起了全世界的广泛关注, 美国 GOULD 公司在 1969 年率先将其商品化并推向市场; 1971 年, 通过引进美国的技术, 日本研制出了第 1 台 PLC; 1973 年, 德国 SIEMENS 公司也研制出了欧洲第 1 台 PLC; 1974 年, 法国随之也研制出了 PLC。

20 世纪 70 年代中期, PLC 开始采用微处理器, PLC 的功能也由最初的逻辑运算拓展到具有数据处理功能, 并得到了更为广泛的应用。由于当时的 PLC 功能已经不再局限于逻辑处理的范畴, 为此, PLC 也随之改称为可编程序控制器 (Programmable Controller, 简称 PC)。

1980 年, 美国电气制造商协会 (National Electronic Manufacture Association, 简称 NEMA) 对 PC 进行了如下定义:

“可编程序控制器 (PC) 是一种带有指令存储器、数字或模拟输入/输出 (I/O) 接口, 以位运算为主, 能完成逻辑、顺序、定时、计数和算术运算功能, 面向机器或生产过程的自动控制装置”, 并将其统一命名为 Programmable Controller (PC)。

2. PLC 的标准

为了统一 PC 的产品标准, 国际电工委员会 (International Electro-technical Commission, 简称 IEC) 在 1979 年开始进行 PC 的标准化工作。同年 10 月, IEC 开始设立专门工作组 (Working Group, 简称 WG); 1983 年 7 月, 在 WG 的第 7 次会议上, 决定设立特别工作小组 (Task Force, 简称 TF), 并对标准化工作进行了深入的探讨, 逐步形成了有关标准。

在 IEC 标准中, PC 标准由以下 5 部分组成。

第 1 部分 (Part1): 基本信息 (General Information)。

第 2 部分 (Part2): 设备特性 (Equipment Characteristics)。

第 3 部分 (Part3): 编程语言 (Programming Languages)。

第 4 部分 (Part4): 用户准则 (User Guidelines)。

第 5 部分 (Part5): 服务指南 (Messaging Service Specification)。

1987 年 7 月, 在 IEC 的 TC65 A 会议上, 标准的第 1 部分 (Part1)、第 2 部分 (Part2) 被认定为 CO (Central Office) 文件, 标准的第 3 部分 (Part3) 被认定为 CO 文件的前期准备 S (Secretariat) 文件。

标准 (IEC61131) 在听取各国意见后, 于 1992~1995 年间陆续颁布。在我国, 1995 年 11 月颁布了 GB/T 15969-1/2/3/4 标准, 它完全等同于 IEC61131-1/2/3/4 的对应部分。

标准的第 1 部分 (IEC61131-1, 即 Part1) 明确了 PC 的功能与特点, 并给 PC 使用的术语进

行了定义。

标准的第 2 部分 (IEC61131-2, 即 Part2) 明确了 PC 生产厂家的 PC 产品应该达到的具体要求, 包括 PC 的使用环境、电气/机械特性、试验要求等。

标准的第 3 部分 (IEC61131-3, 即 Part3) 明确了 5 种 PC 编程语言, 即指令表 (Instruction List)、结构化文本 (Structured Text)、梯形图 (Ladder Diagram)、功能块图 (Function Block Diagram)、顺序功能图 (Sequential Function Chart) 的基本结构与特征, 规定了 PC 编程的基本要素、文本语言、图形语言等有关 PC 编程语言的语法、符号等标准。

需要注意的是, IEC61131-3 标准只是推荐了 PC 用户程序编制的基本方法, 但在具体实现形式与命名上并未作严格的规定, 因此, 即使对于同样的编程语言, 在不同公司的 PC 产品中仍然有所不同。

例如: 在 SIEMENS 公司 PC 产品中指令表编程的英文为 “Statement List” (DIN 19239), 简称 STL; 梯形图编程简称 LAD; 功能块图编程语言在 S5 系列 PLC (STEP5) 中称为 “控制系统流程图 (Control System Flowchart, DIN 40700)”, 简称 CSF; 结构化文本编程英文为 “Structured Control Language”, 简称 SCL; 顺序功能图编程为 “Graphic programming language”, 简称 S7-GRAPH。

标准的第 4 部分 (IEC61131-4, 即 Part4) 作为用户指南, 它包括了 PC 的功能说明、选型基准、安装环境要求、维护、安全保护等针对 PC 用户的基本使用指南。

标准的第 5 部分 (Part5) 主要是对 PC 用语、符号、功能、名词的解释, 并明确了 PC 之间的通信协议等规范。

IEC 标准对 PC 作了如下定义: “可编程序控制器 (PC) 是一种数字运算操作的电子系统, 专为在工业环境下的应用而设计。它采用可编程序的存储器, 用来存储执行逻辑运算和顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令, 并通过数字或模拟的输入/输出 (I/O) 接口, 控制各种类型的机器设备或生产过程。”

标准强调 PC 及其相关设备的设计原则是应 “易于与工业控制系统连成一个整体且具有扩充功能”。

由此可见, 在 IEC 的定义中, 已经对 PC 的使用环境 (工业环境) 与功能 (具有通信与可扩展功能) 作了更为明确的要求。简言之, IEC 标准所定义的 PC 是一种具有通信功能与可扩展 I/O 接口, 主要用于逻辑处理和顺序控制的工业计算机控制装置。

需要说明的是, 由于在 NEMA、IEC 标准中均将可编程序控制器命名为 Programmable Controller, 因此, 在随后的较长时间里, 可编程序控制器一直都被简称为 PC。但后来随着个人计算机 (Personal Computer, 也简称 PC) 的大范围普及, 为了区别两者, 又将 PLC 作为可编程序控制器的习惯简称, 而 PC 则通常用来指个人计算机。为此, 在本书后述的全部内容中, 将一律把可编程序控制器称为 PLC, 将个人计算机称为 PC。

1.1.3 PLC 的发展

1. 发展历程

PLC 自从产生至今, 虽然只有短短的 40 多年, 但它在机械、冶金、化工、轻工、纺织等行业已得到了广泛的应用, 而微电子技术、信息技术的高速发展, 则为 PLC 的发展提供了技术保证, 当代 PLC 的结构、性能等都与传统意义上的 PLC 有了较大的不同。

PLC 的发展大致可以分为如下 4 个阶段。

1970~1980 年：PLC 结构定型阶段。在这一阶段，各种类型的顺序控制器不断出现（如逻辑电路型、1 位机型、通用计算机型、单板机型等），但被迅速淘汰，最终以微处理器为核心的现有 PLC 结构形式取得了市场的认可，得以迅速发展与推广；这一阶段是 PLC 原理、结构、软件、硬件趋向统一与成熟的阶段，其应用领域也开始由最初的小范围、有选择使用，逐步向机床、生产线领域拓展。

1980~1990 年：PLC 普及与系列化阶段。在这一阶段，PLC 的生产规模日益扩大，价格不断下降，PLC 被迅速普及；各 PLC 生产厂家产品的规格、品种开始形成系列，相继出现了固定 I/O 点型、基本单元加扩展型、模块化型这 3 种延续至今的基本结构模式；PLC 的应用范围开始向顺序控制的全部领域拓展。

在本阶段，三菱公司的主要产品有 F、F1、F2 小型 PLC 系列产品，K/A 系列中、大型 PLC 产品等。

1990~2000 年：PLC 高性能与小型化阶段。在这一阶段，随着微电子技术的进步，CPU 的运算速度大幅度上升、位数不断增加，使得适用于各种特殊控制的功能模块被不断开发，PLC 的功能日益增强，PLC 的应用范围由单一的顺序控制向现场控制拓展。在提高性能的同时，PLC 的体积也被大幅度缩小，出现了各种类型的小型化、微型化 PLC。

在本阶段，三菱公司的主要产品有 FX 小型 PLC 系列产品，A1S/A2US/Q2A 系列中、大型 PLC 系列产品等。

2000 年至今：高性能与网络化阶段。在本阶段，为了适应信息技术的发展与工厂自动化的需要，PLC 的功能不断开发与完善，PLC 在继续提高 CPU 运算速度、位数的同时，开发了适用于过程控制、运动控制的特殊功能与模块，应用范围开始拓展到工业自动化的全部领域。与此同时，为了适应 IT 技术的发展，PLC 的网络与通信功能得到迅速完善，PLC 不仅可以连接传统的编程与 I/O 设备，还可以通过各种现场总线构成网络系统，它为工厂自动化奠定了基础。

在本阶段，三菱公司的主要产品有 FX 小型 PLC 系列产品（包括最新的 FX3 系列产品），Qn 和 QnPH 系列中、大型 PLC 系列产品等。

2. 发展趋势

从产品技术性能上看，当前 PLC 的发展趋势可以概括为小型化、高性能化与网络化三大方面。

(1) 小型化

体积的小型化是微电子技术发展的必然结果，现代 PLC 无论从内部组成元器件还是硬件、软件结构都已经与早期的 PLC 有了很大的不同，PLC 体积被大幅度缩小。

以三菱公司 60 点继电器输出的 PLC 为例，F1 系列（F1-60 MR，输入 36 点/输出 24 点，输出驱动能力为 2 A/80 VA）与 FX3U 系列（FX3U-64 MR，输入 32 点/输出 32 点，输出驱动能力为 2 A/80 VA）的外形尺寸比较如表 1-1-1 所示。从表可见，与 F1-60 MR 相比，同规格的 FX3U-64 MR 系列 PLC，虽然输出比前者增加了 8 点，但体积不到 F1 系列的 1/3。

表 1-1-1

F1 系列与 FX3U 系列 PLC 外形比较表

主要参数	F1-60 MR	FX3U-64 MR
宽度 W (mm)	350	220
高度 H (mm)	140	80
厚度 (mm)	100	88

(2) 高性能化

PLC 的性能主要包括 CPU 性能与 I/O 性能 2 个方面，而 CPU 性能又可分为基本性能、逻辑运算能力与数据处理 3 部分，I/O 性能分为过程 I/O、功能模块与通信接口 3 部分，每部分还包括相应的项目，见图 1-1-1。

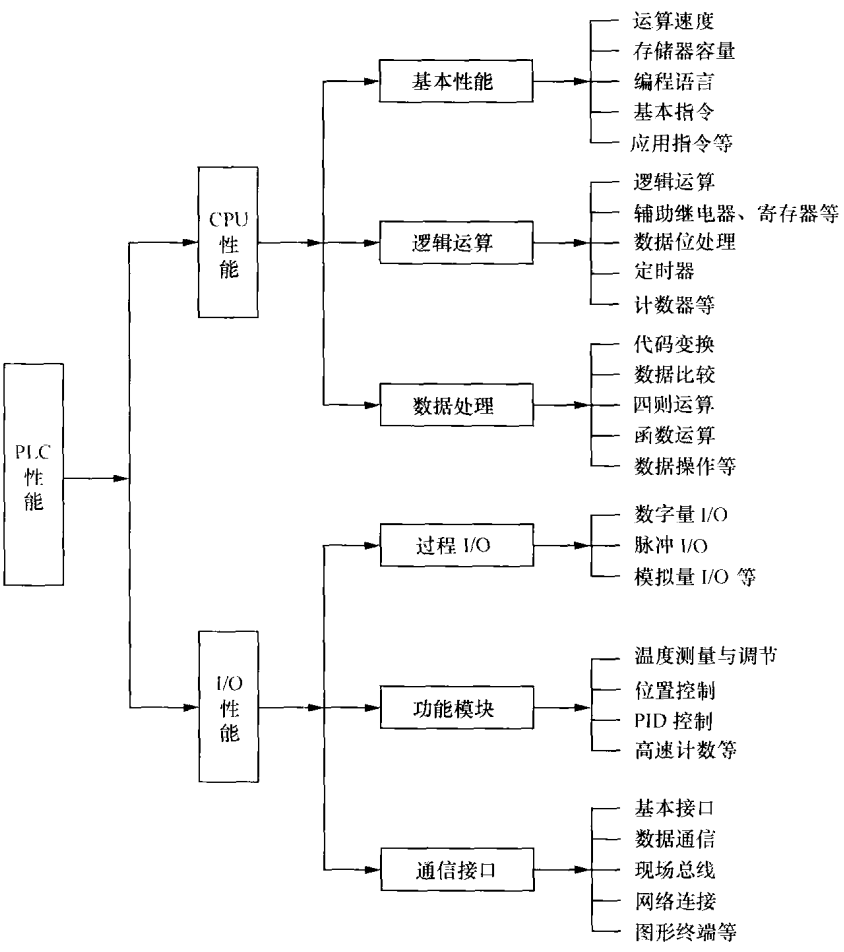


图 1-1-1 PLC 性能分解图

随着微处理器性能的日益提高，PLC 的 CPU 的基本性能得到了快速发展，以三菱公司的 F1 系列（F1-60 MR）与 FX3U 系列（FX3U-64 MR）为例，其主要性能的比较参见表 1-1-2。

表 1-1-2 F1 系列与 FX3U 系列 PLC 性能比较表

主 要 参 数		F1-60 MR	FX3U-64 MR
CPU 性能	基本指令执行时间 (μs)	12	0.065
	存储器容量 (步)	1 000	64 000
	编程语言	指令表	指令表、梯形图、顺序功能图
	基本逻辑运算指令	20	27
	顺序功能图指令	2	2
	应用指令	22	209

续表

主 要 参 数		F1-60 MR	FX3U-64 MR
CPU 性能	辅助继电器/特殊继电器	192/16	7 680/512
	状态继电器	40	4 096
	定时器	32	512
	计数器/高速计数器	30/1	235/8
	数据寄存器	0	8 512
	指针	64	4 096
I/O 性能	开关量 I/O 扩展模块	7 种	16 种
	特殊功能模块	0	22
	功能扩展板	0	5
	特殊适配器	0	8

从表 1-1-2 可见, 从 F1 系列到 FX3U 系列, PLC 的运算速度提高了近 200 倍, 存储器容量提高到原来的 64 倍, 编程指令增加了 194 条, 并且可以直接进行梯形图、顺序功能图编程。

在逻辑运算功能上, 运算速度、辅助继电器/特殊继电器、数据寄存器、定时器/计数器的数量均大幅度增加, 而且还具备了函数运算的功能。

在 I/O 性能上, 除开关量 I/O 性能外, 最主要体现在可通过 PLC 控制与连接的特殊 PLC 模块(功能模块)与系统通信接口上。前者体现了 PLC 的功能扩展能力, 后者反映了 PLC 的集中控制与网络连接能力。

不断开发适应各种不同控制要求的特殊 PLC 控制模块, 是 PLC 发展的重要方向之一。FX3U 系列 PLC 可以使用的特殊功能模块包括温度测量、温度调节、高速计数、位置控制等多种, 控制功能比 F1 系列有了很大的提高。

(3) 网络化

网络控制是信息技术发展对自动化设备提出的新要求, 通过现场总线等形式进行设备间的通信与连接, 以实现集中、统一控制与管理, 是实现工厂自动化与现代化管理的基础。

PLC 的网络控制主要有 I/O 网、设备内部网与系统网 3 类。

I/O 网是 PLC 与远程 I/O 模块间的互联网, 其实质是通过通信的手段, 对 PLC 的 I/O 连接范围进行延伸与扩展, 它可以省略大量的连接电缆与导线, 故有时又称“省配线网”。

设备内部网是指 PLC 与设备内部其他控制装置之间的互联网, 如 PLC 与变频器、伺服驱动器、温度自动控制与调节装置、现场控制设备的链接均属于设备内部网的范畴。

系统网是指生产现场多台设备、多种控制装置之间的互联网, 它可以通过通信的手段对生产现场众多独立的设备与控制装置(包括 PLC)进行集中与统一的管理, 构成 FMC、FMS、CIMS 等工厂自动化控制系统。

1.2 PLC 的特点与功能

1.2.1 PLC 的特点

虽然 PLC 生产厂家众多, 功能相差较大, 但与其他类型的工业控制装置相比, 它们具有如下共同的特点。