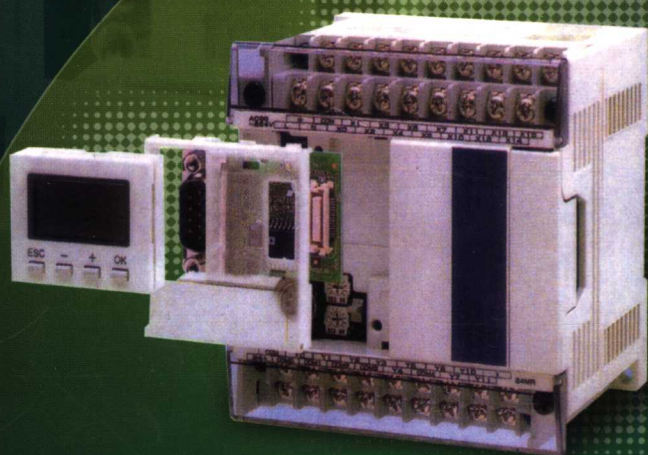




基础篇

设计篇

编程篇

功能篇

通信篇

网络篇

维修篇

三菱FX/Q系列 PLC应用技术

龚仲华 史建成 孙毅 编著

图书在版编目 (CIP) 数据

三菱 FX/Q 系列 PLC 应用技术/龚仲华, 史建成, 孙毅编著. —北京: 人民邮电出版社, 2006.12
ISBN 7-115-15028-1

I. 三... II. ①龚...②史...③孙... III. 可编程序控制器 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 080583 号

内 容 简 介

本书以 PLC 的工程应用为目的, 以三菱 FX/Q 系列 PLC 为对象, 按照实际 PLC 控制系统工程设计的要求, 分为“基础篇”、“设计篇”、“编程篇”、“功能篇”、“通信篇”、“网络篇”、“维修篇”7 篇内容, 全面系统地介绍了三菱 FX 系列 (包括 FX1S/FX1N/FX1NC、FX2N/FX2NC、FX3U/FX3UC)、Q 系列 PLC 的性能以及在各种不同场合使用时的硬件设计、程序设计、功能调试的基本方法与步骤。

本书可以满足不同要求、不同层次的读者需要, 特别是对各类电气设计人员、PLC 控制系统工程设计人员有很大的实用参考价值。同时, 本书也可作为各类 PLC 技术培训教材与高等院校相关专业师生的教学参考书。

三菱 FX/Q 系列 PLC 应用技术

-
- ◆ 编 著 龚仲华 史建成 孙 毅
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>
北京鸿佳印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 34.25
字数: 989 千字
印数: 1—5 000 册
- 2006 年 12 月第 1 版
2006 年 12 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-15028-1/TN · 2814

定价: 56.00 元

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

前 言

可编程序逻辑控制器（简称 PLC），是随着技术的进步与现代社会生产方式的转变，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自动化控制装置。PLC 从 1969 年问世以来，由于其具有通用灵活的控制性能、可以适应各种工业环境的可靠性、简单方便的使用性能，在工业自动化各领域取得了广泛的应用。有人将它与数控技术、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。

为了满足广大工程技术人员的需要，便于读者全面、系统、深入地掌握 PLC 应用技术，本书以 PLC 的工程应用为目的，以三菱 FX/Q 系列 PLC 为对象，按照实际 PLC 控制系统工程设计的要求，分为“基础篇”、“设计篇”、“编程篇”、“功能篇”、“通信篇”、“网络篇”、“维修篇”7 篇内容，全面系统地介绍了三菱 FX 系列（包括 FX1S/FX1N/FX1NC、FX2N/FX2NC、FX3U/FX3UC）、Q 系列 PLC 的性能以及在各种不同场合使用时的硬件设计、程序设计、功能调试的基本方法与步骤。

“基础篇”介绍了 PLC 的基本概念、组成、工作原理、编程语言等方面的基础知识。在此基础上，分别对 FX/Q 全系列 PLC 的基本结构、特点、性能参数、安装与连接要求等方面的内容作了系统、详细的阐述，可以供 PLC 控制系统的模块选型、硬件设计、安装调试、维修服务等参考。

“设计篇”按实际 PLC 控制系统工程设计的要求，重点叙述了 PLC 控制系统在总体设计、系统规划、主回路与控制设计、I/O 连接设计、可靠性设计、安装与连接设计、PLC 梯形图设计、顺序功能图（SFC）设计等方面的具体方法、步骤与要点。本篇广泛吸收了国外的先进标准、先进设计思想，并分析了某进口设备的实际 PLC 控制系统的设计特点，对各类电气设计人员、PLC 控制系统工程设计人员有很大的实用参考价值。

“编程篇”主要对 FX/Q 系列 PLC 的编程元件、编程指令、编程方法以及 FX-PCS/WIN、GX Developer 编程软件的安装、使用方法作了具体、详细的介绍，可以供 PLC 程序设计参考。

“功能篇”主要对 FX/Q 系列 PLC 的 A/D、D/A 转换，温度测量与调节，脉冲输出、位置控制等功能模块的结构与特点、性能参数、安装与连接要求、编程方法等内容作了全面、深入的介绍。

“通信篇”介绍了 PLC 通信的基本概念、标准串行接口、通信协议等基础知识。在此基础上，分别对 FX/Q 系列 PLC 的通信功能扩展板、通信模块的基本结构与特点、性能参数、安装与连接要求、编程方法等内容作了系统、详细的阐述。

“网络篇”介绍了 PLC 网络的基本概念、网络的组成、网络访问协议、PLC 网络系统的基础知识。在此基础上，分别对 FX/Q 系列 PLC 的以太网、MELSEC NET PLC 链接网、CC-Link PLC 现场总线网的结构与特点、性能参数、设计要点、网络模块的使用、编程方法等内容作了系统、全面的阐述。

“维修篇”主要对 FX/Q 系列 PLC 系统的安装调试、故障分析的基本方法、故障分析流程、报警信息、日常维护等内容作了系统、详细的阐述。

本书内容全面具体，编写由浅入深，实例丰富，面向工程应用，并广泛吸收了国外的先进标准和设计思想，突出了先进性、综合性、实用性，可以满足不同要求、不同层次的读者需要，特别是对各类电气设计人员、PLC 控制系统工程设计人员有非常大的实用参考价值。

全书由龚仲华主编并统稿，其中“编程篇”的第 7 章由孙毅编写，第 8 章和第 9 章由史建成编

写，其余各篇全部由龚仲华编写。

本书编写过程中参考了三菱 PLC 技术资料，并且得到了三菱公司技术人员的大力支持，在此表示衷心的感谢。

另外，三菱 PLC 的相关资料，如中英文说明书、使用手册、产品介绍和一些软件，读者可到相关网站进行下载，如中国自动化网（www.ca800.com），打开“<http://www.ca800.com/download/>”链接可直接进入下载中心。

因全书内容广泛，作者水平有限，书中难免有错误与不当之处，恳请读者批评指正。

编著者

目 录

基 础 篇

第 1 章 PLC 原理与基础	1
1.1 PLC 的基本概念	1
1.1.1 PLC 的产生与发展	1
1.1.2 PLC 的特点与功能	6
1.1.3 PLC 基本结构与常用产品	9
1.1.4 PLC 的分类	13
1.2 PLC 的基本组成	15
1.2.1 PLC 的硬件组成	15
1.2.2 PLC 的软件组成	18
1.2.3 PLC 的常用外设	19
1.3 PLC 的工作原理	23
1.3.1 PLC 的等效工作电路	23
1.3.2 PLC 的工作过程	25
1.4 PLC 编程语言	28
1.4.1 梯形图编程	28
1.4.2 指令表编程	29
1.4.3 逻辑功能图编程	30
1.4.4 顺序功能图编程	30
第 2 章 FX 系列 PLC 的硬件与性能	32
2.1 FX 系列 PLC 概述	32
2.1.1 FX 系列 PLC 简介	32
2.1.2 FX 系列 PLC 性能比较	32
2.2 FX1S 系列 PLC	34
2.2.1 FX1S 系列 PLC 的特点与规格	34
2.2.2 FX1S 系列 PLC 的功能	36
2.2.3 FX1S 系列 PLC 的性能与扩展	37
2.3 FX1N 系列 PLC	39
2.3.1 FX1N 系列 PLC 的特点与规格	39
2.3.2 FX1N 系列 PLC 的功能与扩展	41
2.4 FX2N 系列 PLC	44
2.4.1 FX2N 系列 PLC 的特点与规格	44
2.4.2 FX2N 系列 PLC 的功能与扩展	47
2.5 FX3U 系列 PLC	50
2.5.1 FX3U 系列 PLC 的特点与规格	50
2.5.2 FX3U 系列 PLC 的功能与扩展	52
第 3 章 Q 系列 PLC 的硬件与性能	55
3.1 Q 系列 PLC 概述	55

3.1.1 Q 系列 PLC 简介	55
3.1.2 Q 系列 PLC 性能比较	56
3.2 Q 系列基本型 PLC	57
3.2.1 CPU 与系统构成	57
3.2.2 电源规格与电源模块	62
3.2.3 基板与扩展电缆	64
3.2.4 组成模块	66
3.3 Q 系列高性能型 PLC	69
3.3.1 CPU 与系统构成	69
3.3.2 组成模块与扩展	73
3.4 Q 系列过程控制与运动控制系统	78
3.4.1 过程控制 CPU 简介	78
3.4.2 运动控制 CPU 简介	79
3.5 Q 系列多 CPU 与冗余系统	81
3.5.1 多 CPU 系统简介	81
3.5.2 冗余系统简介	85
设 计 篇	
第 4 章 PLC 控制系统设计 (一)	88
4.1 控制系统设计原则与步骤	88
4.1.1 控制系统设计原则	88
4.1.2 控制系统的设计步骤	90
4.2 控制系统规划	92
4.2.1 明确控制要求	92
4.2.2 确定控制方案	94
4.2.3 确定 I/O 点数与规格	96
4.2.4 确定功能模块	96
4.2.5 选择 PLC 类型	97
4.2.6 确定模块型号	98
4.3 主回路与控制回路设计	99
4.3.1 主回路设计	100
4.3.2 控制回路设计	101
4.4 安全电路设计	102
4.4.1 安全电路设计准则	102
4.4.2 安全电路设计	105
4.5 PLC 控制系统设计实例	106
4.5.1 主回路设计	106
4.5.2 电源回路设计	107
4.5.3 安全电路设计	109
第 5 章 PLC 控制系统设计 (二)	112
5.1 I/O 连接设计	112
5.1.1 开关量输入连接	112
5.1.2 开关量输出连接	118

5.2 可靠性设计	121
5.2.1 供电系统可靠性设计	121
5.2.2 接地系统可靠性设计	122
5.3 安装与连接设计	123
5.3.1 PLC 的安装要求	124
5.3.2 PLC 的连接与布线要求	125
5.3.3 安装与连接设计	127
5.3.4 安装与连接检查	128
第 6 章 PLC 控制系统设计 (三)	130
6.1 PLC 梯形图程序的设计	130
6.1.1 梯形图编程的特点	130
6.1.2 梯形图编程要点	131
6.1.3 典型梯形图程序	135
6.1.4 梯形图程序设计实例	138
6.2 顺序功能图设计	139
6.2.1 SFC 设计规则与要点	139
6.2.2 SFC 程序结构	146
6.3 步进梯形图编程	151
6.3.1 步进梯形图基本指令	151
6.3.2 步进梯形图编程要点	154
6.3.3 SFC 编程实例	156
编 程 篇	
第 7 章 FX 系列指令系统	166
7.1 编程元件说明	166
7.1.1 编程元件总览	166
7.1.2 编程元件说明	167
7.2 基本指令	172
7.3 应用指令	177
7.3.1 程序流程指令	177
7.3.2 传送指令	182
7.3.3 比较与移位指令	186
7.3.4 数据运算指令	191
7.3.5 代码处理指令	195
7.3.6 高速处理指令	200
第 8 章 Q 系列指令系统	206
8.1 Q 系列概述	206
8.1.1 概述	206
8.1.2 编程元件说明	207
8.1.3 基本指令系统	209
8.2 应用指令系统	213
8.2.1 基本应用指令	213
8.2.2 数据链接指令	215

8.2.3	QCPU 操作及冗余系统指令	216
8.2.4	其他应用指令	219
第 9 章	三菱编程软件	227
9.1	FX-GP/WIN-C 编程软件	227
9.1.1	软件概述	227
9.1.2	软件的安装	230
9.1.3	梯形图编辑	232
9.1.4	查找及注释	239
9.1.5	在线监控与诊断	241
9.2	GX Developer 编程软件	244
9.2.1	软件概述	244
9.2.2	参数设定	246
9.2.3	梯形图编辑	247
9.2.4	查找及注释	250
9.2.5	在线监控与仿真	254
功 能 篇		
第 10 章	特殊功能模块的使用与编程 (一)	258
10.1	特殊功能模块概述	258
10.1.1	特殊功能模块的分类	258
10.1.2	特殊功能模块的总览	260
10.1.3	特殊功能模块的使用与编程	263
10.2	A/D 转换模块	266
10.2.1	二通道 A/D 转换模块 FX2N-2AD	266
10.2.2	四通道 A/D 转换模块 FX2N-4AD	268
10.2.3	八通道 A/D 转换模块 FX2N-8AD	271
10.3	D/A 转换模块	274
10.3.1	二通道 D/A 转换模块 FX2N-2DA	274
10.3.2	四通道 D/A 转换模块 FX2N-4DA	277
10.4	A/D、D/A 转换一体化模块 FX0N-3A	279
第 11 章	特殊功能模块的使用与编程 (二)	283
11.1	温度测量模块	283
11.1.1	四通道铂电阻温度测量模块 FX2N-4AD-PT	283
11.1.2	四通道热电偶温度测量模块 FX2N-4AD-TC	286
11.2	温度调节模块 FX2N-2LC	289
11.3	高速脉冲计数模块 FX2N-1HC	296
第 12 章	特殊功能模块的使用与编程 (三)	303
12.1	定位脉冲输出模块	303
12.1.1	定位脉冲输出模块 1PG	303
12.1.2	定位脉冲输出模块 10PG	312
12.2	位置控制模块	318
12.2.1	单轴定位控制模块 10GM	318
12.2.2	双轴定位控制模块 20GM	325

12.2.3 位置控制模块的使用与编程	327
12.2.4 位置控制模块编程实例	333

通信篇

第 13 章 PLC 通信基础	337
13.1 PLC 通信的基本概念	337
13.1.1 基本名词解释	338
13.1.2 通信的基本类型	339
13.2 标准串行接口	343
13.2.1 RS-232 接口	343
13.2.2 RS-422 接口	345
13.2.3 RS-485 接口	346
13.3 PLC 与外设的通信	347
13.3.1 PLC 与外设的连接形式	348
13.3.2 PLC 的通信协议	349
13.3.3 PLC 通信的功能	350
第 14 章 FX 系列 PLC 的通信	351
14.1 通信扩展板的性能与连接	351
14.1.1 RS-232 通信扩展板	351
14.1.2 RS-422 通信扩展板	353
14.1.3 RS-485 通信扩展板	354
14.2 通信扩展板的编程	355
14.2.1 RS 指令的编程	355
14.2.2 RS 指令的执行过程	357
14.2.3 RS 指令编程实例	360
14.3 通信模块的性能与连接	363
14.3.1 232IF 的特点与性能	363
14.3.2 232IF 的连接要求	364
14.3.3 232IF 的数据通信模式	366
14.4 通信模块的使用与编程	369
14.4.1 232IF 模块参数说明	369
14.4.2 编程实例	374
第 15 章 Q 系列 PLC 的串行通信	376
15.1 QJ71C24N 特点与性能	376
15.2 QJ71C24N 的连接	379
15.2.1 RS-232 的连接	379
15.2.2 RS-422 的连接	380
15.3 QJ71C24N 的使用与编程	383

网络篇

第 16 章 PLC 网络基础	388
16.1 网络的基本概念	388
16.1.1 网络技术的产生与发展	388

16.1.2 计算机网络系统功能	389
16.1.3 局域网简介	390
16.2 网络的结构与组成	391
16.2.1 网络的拓扑结构	391
16.2.2 网络的硬件组成	392
16.2.3 网络的体系结构	393
16.3 网络访问协议	395
16.4 PLC 网络系统	397
16.4.1 PLC 网络的结构与组成	397
16.4.2 工厂信息网	400
16.4.3 PLC 控制网	404
16.4.4 现场总线网	408
16.4.5 设备内部网	410
第 17 章 三菱 PLC 网络系统	412
17.1 三菱 PLC 以太网	412
17.1.1 功能与特点	412
17.1.2 网络体系结构	416
17.2 MELSEC NET/H 链接网	417
17.2.1 MELSEC NET/H 的组成与特点	417
17.2.2 MELSEC NET/H 的功能	420
17.3 CC-Link 现场总线系统	425
17.3.1 CC-Link 的特点与功能	425
17.3.2 CC-Link 的结构、性能与连接	427
17.4 CC-Link 通信协议	430
17.4.1 CC-Link 网络通信方式	430
17.4.2 CC-Link 的设置与定义	433
第 18 章 Q 系列网络模块	435
18.1 以太网模块	435
18.1.1 结构与性能	435
18.1.2 系统硬件配置	438
18.1.3 网络参数设置	441
18.1.4 以太网模块的编程指令	443
18.2 MELSEC NET/H 网络模块	443
18.2.1 结构与性能	444
18.2.2 系统硬件配置	448
18.2.3 网络参数设置	450
18.2.4 MELSEC NET/H 模块的编程指令	452
18.3 CC-Link 网络模块	452
18.3.1 结构与性能	452
18.3.2 硬件配置	454
18.3.3 网络参数设置	456
18.3.4 系统设计实例	457

维 修 篇

第 19 章 PLC 控制系统的调试、故障分析与维护	467
19.1 PLC 控制系统的调试	467
19.1.1 调试前的准备	467
19.1.2 基本检查	469
19.1.3 现场调试的基本步骤	470
19.1.4 硬件调试	470
19.1.5 软件调试	472
19.2 PLC 控制系统故障分析的基本方法	473
19.2.1 常规分析法	474
19.2.2 PLC 自诊断	474
19.3 PLC 控制系统故障分析流程	475
19.3.1 基本故障的分析流程	475
19.3.2 模式与引导系统故障的分析流程	480
19.3.3 操作、编程故障的分析流程	482
19.3.4 系统校验与总线出错的故障分析流程	484
19.4 PLC 的日常维护	486
第 20 章 FX 系列 PLC 的故障诊断与维修	488
20.1 状态指示灯检查	488
20.1.1 状态指示灯安装	488
20.1.2 故障诊断与维修	489
20.2 内部特殊继电器/数据寄存器检测	491
20.2.1 PLC 基本运行状态信息	491
20.2.2 PLC 报警显示	492
20.3 出错代码与维修处理	495
20.3.1 硬件出错代码与处理	495
20.3.2 软件出错代码与处理	496
20.3.3 操作出错与处理	499
20.4 日常维护与电池更换	500
20.4.1 FX 系列的日常维护	500
20.4.2 电池的更换	500
第 21 章 Q 系列 PLC 的故障诊断与维修	502
21.1 Q 系列 PLC 的设定	502
21.1.1 CPU 模块的设定与操作	502
21.1.2 扩展基架的设定	504
21.2 状态指示灯检查	507
21.2.1 状态指示灯的安装	507
21.2.2 故障诊断与维修	507
21.3 内部继电器/寄存器检测	510
21.3.1 特殊内部继电器检测	510
21.3.2 特殊内部数据寄存器检测	511
21.4 出错代码与维修处理	513

21.4.1 PLC 内部出错	513
21.4.2 PLC 外部出错	517
21.4.3 Q 系列 PLC 电池的更换	518
附录 A FX 系列 PLC 基本指令简表	521
附录 B FX 系列 PLC 应用指令简表	523
附录 C Q 系列 PLC 指令简表	527

第 1 章 PLC 原理与基础

1.1 PLC 的基本概念

1.1.1 PLC 的产生与发展

可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, 缩写 PLC), 是随着技术的进步与现代社会生产方式的转变, 为适应多品种、小批量生产的需要, 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, 虽然至今还不到 40 年, 但由于其具有通用灵活的控制性能、简单方便的使用性能, 可以适应各种工业环境的可靠性, 因此在工业自动化各领域取得了广泛的应用。有人将它与数控技术、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. PLC 的产生

制造业中使用的生产设备与生产过程的控制，一般都需要工作机构、传动机构、原动机以及控制系统等部分。当原动机为电动机时，通常把控制电动机实现启动、制动、正反转、调速、定位等动作的电气操作与控制部分称为电气自动控制装置或电气自动控制系统。

最初的电气自动控制装置(包括目前使用的一些简单机械的控制装置),只是使用一些简单的手动电器(如刀开关、正反转开关等)进行控制。这些简单的手动电器只能适应电动机容量小、控制简单、操作单一的场所。

随着技术的进步,生产机械对电气自动控制的要求日益提高,电气自动控制装置逐步发展成了各种类型的电气自动控制系统。其中,人们习惯上把以继电器、接触器、按钮、开关等为主要器件组成的控制系统,称为“继电—接触器控制系统”。

“继电—接触器控制系统”的基本特点是结构简单、生产成本低、抗干扰能力强、故障检修直观、适用范围广。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，目前“继电—接触器”控制仍然是工业自动控制的各领域最基本的控制形式之一。

但是，由于“继电—接触器控制系统”的逻辑控制与顺序控制只能通过“固定接线”的形式实现，因此在使用中不可避免地存在以下不足：

① 控制系统通用性、灵活性差。当生产流程或者生产工艺出现变化,需要更改控制要求时,必须通过更改电器接线或者增加、减少控制器件才能实现,有时甚至需要重新设计控制系统,难以适应多品种、小批量生产的控制要求。

② 控制系统体积大，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接线实现，而安装这些电器需要大量的空间，连接电器需要大量的导线，造成了控制系统的体积过大与材料消耗过多。

③ 运行费用高, 噪声大。由于继电器、接触器均为电磁控制器件, 在控制系统工作时, 需要消耗较多的电能, 同时, 多个继电器、接触器的同时通断会产生较大的噪声, 对工作环境造成不利的影响。

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

⑤ 可靠性较低, 使用寿命较短。由于控制系统采用的是“触点控制”形式, 因此工作频率较低, 工作电流较大, 长时间使用容易损坏触点或产生触点接触不良等方面的故障, 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、网络控制等方面的功能。

为了解决以上问题, 20 世纪 50 年代末, 人们曾设想利用计算机功能完备, 通用性、灵活性强的特点解决以上问题。但是, 由于当时的计算机原理复杂, 生产成本低等特点结合起来, 生产出一种面向生产过程顺序控制、可利用简单语言编程、能让完全不熟悉计算机的人也能方便使用的控制器呢?

到了 20 世纪 60 年代末, 有人这样设想: 能否把计算机的通用、灵活、功能完善与“继电—接触器控制系统”的简单易懂、使用方便、生产成本低等特点结合起来, 生产出一种面向生产过程顺序控制、可利用简单语言编程、能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, 性能价格比要高于继电器系统;
- ③ 体积要明显小于继电器控制柜;
- 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 输入可以是 AC115V;
- ⑦ 输出驱动能力在 AC115V/2A 以上;
- ⑧ 硬件维护方便, 最好采用“插接式”结构;
- ⑨ 扩展时, 只需要对原系统进行很小的改动;
- ⑩ 用户存储器容量至少可以扩展到 4KB。

根据以上要求, 美国数字设备公司 (DEC 公司) 在 1969 年首先研制出了全世界第一台可编程序控制器, 并称为“可编程序逻辑控制器” (Programmable Logic Controller), 简称 PLC。该样机在 GM 公司应用获得成功之后, PLC 得到了快速发展, 并被广泛用于开关量逻辑运算与处理的场合。

最早的 PLC 主要由分立元件与小规模集成电路组成, 它虽然采用了计算机技术, 但指令系统比较简单, 一般只有逻辑运算的功能。在此基础上, 通过简化计算机的内部结构与改进可靠性等措施, 使之能与工业环境相适应。正因为如此, 在 20 世纪 70 年代初期曾经出现过一些由二极管矩阵、集成电路等器件组成的“顺序控制器”; 20 世纪 70 年代末期曾经出现过以 MC14500 工业控制单元 (Industrial Control Unit, 简称 ICU) 为核心, 主要由 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、存储器等集成电路组成的“ICU 可编程序控制器”等产品。这些产品与 PLC 相比, 虽然具有一定的价格优势, 但最终还是由于可靠性、功能等多方面的原因, 未能得到进一步的推广与发展。而 PLC 则随着科学技术的发展, 微处理器价格的全面下降, 在价格不断下降的同时, 功能不断增强, 最终以其优良的性能价格比, 获得了迅速发展, 并成为了现代工业自动控制技术的重要支柱之一。

2. PLC 的定义

PLC 技术一经出现,立即引起了全世界的广泛关注,1969 年美国 GOULD 公司首先将其进行商品化并推向市场。1971 年,日本在引进美国技术后,研制出自己的第一台 PLC;1973 年,德国 SIEMENS 公司研制出欧洲第一台 PLC;1974 年,法国也研制出了 PLC。

到了 20 世纪 70 年代中期,PLC 开始使用微处理器,从而使得 PLC 在逻辑运算功能的基础上,增加了各种数据处理的功能,PLC 得到了更为广泛的应用。由于功能的扩展,PLC 已经不再局限于逻辑运算处理的范畴,为此,PLC 被改称为可编程序控制器。

1980 年,美国电气制造商协会(National Electronic Manufacture Association,简称 NEMA)将可编程序控制器定义为:“可编程序控制器是一种带有指令存储器、数字或模拟输入/输出接口,以位运算为主,能完成逻辑、顺序、定时、计数和算术运算等功能,面向机器或生产过程的自动控制装置。”并正式将其统一命名为 Programmable Controller (PC)。

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,现在又将可编程序控制器回到 PLC 的习惯简称,而 PC 则通常用来指个人计算机。因此,在本书下面的叙述中,也一律将可编程序控制器称为 PLC。

为了统一 PLC 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 PLC 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),对标准化工作进行了深入的探讨,并逐步形成了有关标准。

在 IEC 标准中,PLC 标准由以下 5 部分组成:

第一部分(Part1):基本信息(General information);

第二部分(Part2):设备特性(Equipment characteristics);

第三部分(Part3):编程语言(Programming languages);

第四部分(Part4):用户准则(User guidelines);

第五部分(Part5):服务指南(Messaging service specification)。

1987 年 7 月,在 IEC 的 TC65A 会议上,标准的第一部分(Part1)、第二部分(Part2)被作为 CO 文件(Central Office);标准的第三部分(Part3)被作为 CO 文件的前期准备 S 文件(Secretariat)。该标准(IEC61131)在听取各国意见后,于 1992 年至 1995 年间陆续颁布。在我国,1995 年 11 月颁布了 GB/T15969-1/2/3/4 标准,它完全等同于 IEC61131-1/2/3/4 的对应部分。

标准的第一部分(IEC61131-1,即 Part1),明确了 PLC 的功能与特点,并给 PLC 使用的术语进行了定义。

标准的第二部分(IEC61131-2,即 Part2),包括了 PLC 的使用环境、电气机械特性、试验要求等,它主要明确了 PLC 生产厂家的 PLC 产品应该达到的具体要求。

标准的第三部分(IEC61131-3,即 Part3),包括了 PLC 编程的基本要素、文本语言、图形语言等有关 PLC 编程语言的语法、符号标准。它明确了 5 种 PLC 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。

标准的第四部分(IEC61131-4,即 Part4),作为用户指南,它包括了 PLC 的功能说明、选型基准、安装环境要求、维护、安全保护等针对 PLC 用户的基本使用指南。

标准的第五部分(Part5),主要是对 PLC 用语、符号、功能、名词的解释,并明确了 PLC 之间的通信协议等规范。

IEC 标准对可编程序控制器作了如下定义:“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/输出接口，控制各种类型的机器设备或生产过程。”并强调可编程序控制器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，已经对可编程序控制器的使用环境（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，定义规定的可编程序控制器是一种具有通信功能与可扩展输入/输出接口的工业计算机。

3. PLC 的发展

（1）PLC 的发展历程

PLC 自从产生至今，虽然还不到 40 年，但它具有使用灵活、编程方便、可靠性高、体积小、性能价格比高等优点，使其在机械、冶金、化工、轻工、纺织等行业得到了广泛的应用。同时，微电子技术、信息技术的高速发展，为 PLC 的发展提供了技术保证，从而使得 PLC 的结构、性能等都与传统意义上的 PLC 有了较大的不同。

PLC 的发展过程大致可以分为如下几个阶段。

1970~1980 年：PLC 的结构定型阶段。在这一阶段，由于 PLC 刚诞生，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），但迅速被淘汰。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、推广。PLC 的原理、结构、软件、硬件趋向统一与成熟，PLC 的应用领域由最初的小范围、有选择使用，逐步向机床、生产线拓展。

1980~1990 年：PLC 的普及阶段。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、品种开始系列化，并且形成了固定 I/O 点型、基本单元加扩展模块型、模块化结构型这三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。三菱公司本阶段的主要产品有 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 的高性能与小型化阶段。在这一阶段，随着微电子技术的进步，PLC 的功能日益增强，PLC 的 CPU 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不断被开发，PLC 的应用范围由单一的顺序控制向现场控制拓展。此外，PLC 的体积大幅度缩小，出现了各类微型化 PLC。三菱公司本阶段的主要产品有 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：PLC 的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 的各种功能不断进步。一方面，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，使 PLC 的应用范围开始涉及工业自动化的全部领域。与此同时，PLC 的网络与通信功能得到迅速发展，PLC 不仅可以连接传统的编程与通用输入/输出设备，还可以通过各种总线构成各网络，为工厂自动化奠定了基础。三菱公司本阶段的主要产品有 FX 小型 PLC 系列产品（包括最新的 FX3U 系列产品），Qn、QnPH 系列中、大型 PLC 系列产品等。

（2）PLC 的发展趋势

从当前产品技术性能来看，PLC 发展趋势仍然主要体现在体积的缩小与性能的提高两大方面。

① 体积的小型化。电子产品体积的小型化是微电子技术发展的必然结果。现代 PLC 无论从内部元器件组成还是硬件、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（F1-60MR，输入 36 点/输出 24 点，输出驱动能力为 2A/80VA）与 FX3U 系列（FX3U-64MR，输入 32 点/输出 32 点，输出驱动能力为 2A/80VA）的外形尺寸比较如表 1-1.1 所示。从表可见，与 F1-60MR 相比，同规格的 FX3U-64MR 系列 PLC，

尽管输出比前者增加了 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	F1-60MR	FX3U-64MR	主要参数	F1-60MR	FX3U-64MR
宽度 (mm)	350	220	厚度 (mm)	100	88
高度 (mm)	140	80			

② 性能的提高。PLC 的性能主要包括 CPU 性能与 I/O 性能两大方面。其中，CPU 性能又可以分为基本性能、逻辑运算能力与数据处理能力三部分；I/O 性能可分为过程输入/输出、功能模块与系统接口三部分，每部分还包括其他相应的项目（参见图 1-1.1）。

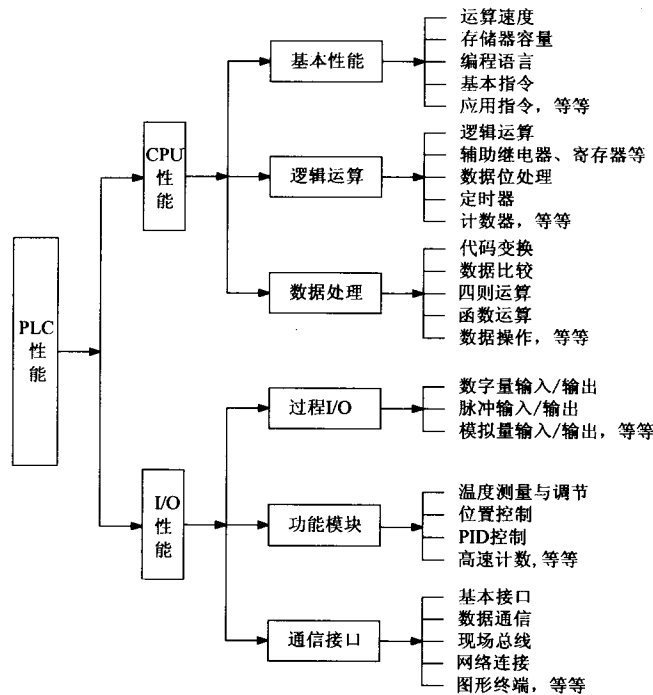


图 1-1.1 PLC 性能分解图

随着微处理器性能的日益提高，PLC 的 CPU 的基本性能得到了同步发展，具体体现在运算速度、数据处理能力、存储器容量等方面。

以三菱公司的 F1 系列（F1-60MR）与 FX3U 系列（FX3U-64MR）为例，其主要性能的比较如表 1-1.2 所示。

表 1-1.2 F1 系列与 FX3U 系列 PLC 性能比较表

主要参数		F1-60MR	FX3U-64MR
CPU 性能	基本指令执行时间 (μs)	12	0.065
	存储器容量 (步)	1000	64000
	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