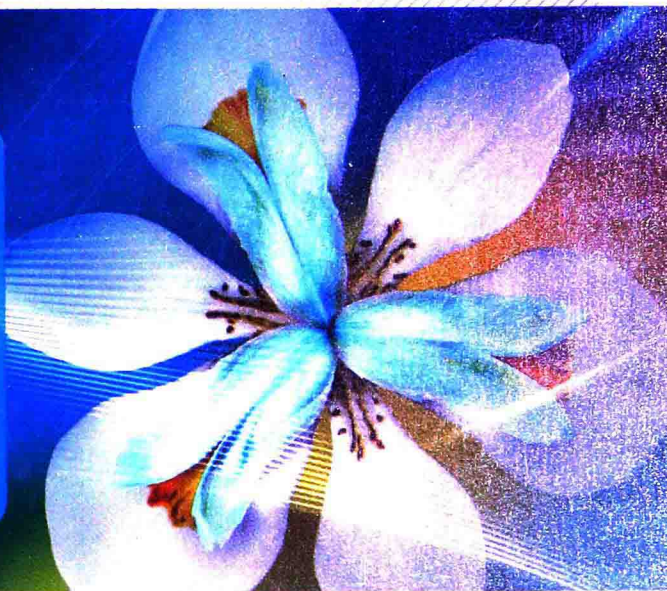




卓越工程师培养计划

▪ PLC ▪

<http://www.phei.com.cn>



初 航 史进波 编著



三菱FX系列

PLC编程及应用

(第2版)



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY



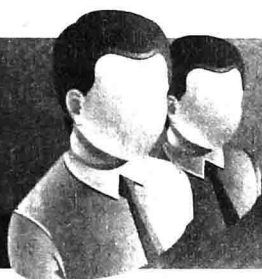
卓越工程师培养计划

· PLC ·

<http://www.phei.com.cn>



初 航 史进波 编著



三菱FX系列

PLC编程及应用

(第2版)

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 摘 要

本书以三菱公司主流的 FX2N 系列 PLC 为例,由浅入深、通俗易懂地介绍了 FX2N 系列产品的工作原理、硬件结构、指令系统、特殊模块、通信知识,以及手持编程器和 GX Developer 编程软件的使用方法;同时,结合丰富的工程实例介绍了 PLC 编程的方法与技巧。

本书适合从事 PLC 控制系统设计、开发的工程技术人员阅读使用,也可作为高等院校自动化、电气工程、测控技术及仪器、电子科学与技术、机电一体化技术等专业的教学用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

三菱 FX 系列 PLC 编程及应用/初航,史进波编著.—2 版.—北京:电子工业出版社,2014.3
(卓越工程师培养计划)

ISBN 978-7-121-22477-5

I. ①三… II. ①初… ②史… III. ①plc 技术-程序设计IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 029147 号



责任编辑:张 剑(zhang@phei.com.cn)

印 刷:北京市京科印刷有限公司

装 订:三河市鹏成印业有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:21 字数:538 千字

印 次:2014 年 3 月第 1 次印刷

印 数:3 500 册 定价:49.90 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

可编程控制器（PLC）是专门应用于工业环境的以计算机技术为核心的自动控制装置。经过多年的发展，PLC 已集数据处理、程序控制、参数调节和数据通信等功能于一体，可以满足工业控制中绝大多数应用场合的需要。

本书所介绍的三菱 FX2N 系列 PLC 是日本三菱公司小型 PLC 的代表产品之一。本书按照实际 PLC 控制系统设计的需要，在广泛吸收先进设计思想的基础上，系统地介绍 PLC 基础知识、指令系统、通信应用及扩展技术，便于读者全面、深入地掌握 PLC 的应用技术。在编写过程中，注意遵循由浅入深、循序渐进的认识规律，便于读者学习和掌握。

本书分为 10 章。各章的主要内容如下所述。

第 1 章：重点介绍 PLC 的特点、基本组成、编程语言及常见产品。通过讲解，使读者对 PLC 有一个基本的认识，了解 PLC 的产生、演化过程，掌握常见 PLC 的型号及其基本组成部分，了解 PLC 常见的编程语言及编程方式等知识。

第 2 章：详细介绍三菱 FX2N 系列 PLC 的结构特点、型号分类，以及不同型号的配置情况，讲解了 PLC 的内部软元件的编号、作用及使用注意事项，使读者可以系统地了解 FX2N 系列 PLC 的软、硬件组成，为后续学习打好基础。

第 3 章：以三菱 FX2N 系列 PLC 为例，详细介绍 PLC 的基本指令系统、编程元件等软件知识。本章介绍了 FX 系列 PLC 的编程语言，详细讲解了 PLC 的内部软元件的编号、作用及使用注意事项。

第 4 章：讲解 PLC 步进指令的基本格式、应用方法，并结合实例介绍状态转移图的流程分类及应用方法等知识。

第 5 章：讲述 FX2N 应用指令的类别、功能定义和书写方式，使读者掌握应用指令的使用条件、表示的方法及编程的规则，能针对一般的工程控制要求，应用功能指令编写工程控制程序。

第 6 章：介绍三菱公司 FX 系列 PLC 某些特殊功能模块的主要性能、电路连接及编程应用方法。

第 7 章：介绍有关数字通信的基本知识和基本实现方法。重点让读者了解 FX 系列 PLC 的 N:N 链接与并行链接通信协议、计算机链接通信协议、无协议通信方式及其应用。

第 8 章：介绍 PLC 控制系统设计所必须遵循的基本原则，以及 PLC 控制系统的硬件设计方面的问题，使读者对 PLC 的使用和设计有一个比较全面的了解。

第9章：介绍三菱 FX2N 系列 PLC 在实际工业控制中的应用。结合工程实例讲述了进行硬件、软件设计的方法、步骤及注意事项。读者通过本章的学习，掌握 PLC 控制系统的设计方法及应用知识。

第10章：结合实例介绍使用手持编程器 FX - 20P - E 进行工程开发的方法，以及 PLC 编程应用软件 GX Developer 的使用方法。

本书部分章节的编写参考了三菱公司最新的技术资料和同行的相关文献，在此对书中所参考和引用的相关教材与资料的作者、译者和单位表示感谢！

本书主要由初航、史进波编著。参加本书编写的还有李昊、陈建国、初嫣、王燕、李亮亮、管殿柱、宋一兵、李文秋、王献红、张轩和付本国。

因编者水平及时间有限，书中难免有疏漏之处，恳请读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 PLC 概述	1
1.1 PLC 的产生与发展	1
1.2 PLC 的特点与工作原理	2
1.3 PLC 的分类	5
1.4 PLC 的编程语言	9
1.5 继电控制与 PLC 控制比较	12
思考与练习	13
第 2 章 FX 系列 PLC 的体系结构	14
2.1 FX 系列 PLC 简介	14
2.1.1 FX 系列 PLC 型号命名方式	14
2.1.2 FX 系列 PLC 的技术指标	15
2.1.3 FX 系列 PLC 的性能比较	15
2.2 FX2N PLC 的硬件结构	16
2.2.1 主机面板结构	16
2.2.2 FX2N 系列 PLC 的技术特点、技术指标	17
2.2.3 FX2N 系列 PLC 的结构模块	19
2.2.4 FX2N 系列 PLC 常用单元	23
2.3 FX2N 系列 PLC 内部资源	26
2.3.1 I/O 继电器的编号及其功能	26
2.3.2 辅助继电器的编号及其功能	27
2.3.3 状态继电器的编号及其功能	28
2.3.4 定时器的编号及其功能	28
2.3.5 内部计数器的编号及其功能	29
2.3.6 数据寄存器的编号及其功能	32
2.3.7 指针的编号及其功能	33
2.3.8 实例：优先电路	33
2.3.9 实例：译码电路	34
思考与练习	35
第 3 章 FX 系列 PLC 基本指令系统	36
3.1 数值基础知识	36
3.2 基本逻辑指令	37
3.2.1 逻辑取及线圈驱动指令	37
3.2.2 触点串联指令	38
3.2.3 触点并联指令	39

3.2.4	串联电路块并联指令	40
3.2.5	并联电路块串联指令	40
3.2.6	多重输出电路指令	41
3.2.7	主控指令	43
3.2.8	置位与复位指令	45
3.2.9	计数器、定时器指令	46
3.2.10	脉冲指令	47
3.2.11	脉冲输出指令	48
3.2.12	取反指令	48
3.2.13	空操作指令、程序结束指令	49
3.3	梯形图编程规则	50
3.4	基本指令应用	53
3.4.1	定时器应用	53
3.4.2	异步电动机单向运转控制电路设计	54
3.4.3	异步电动机可逆运行控制互锁电路设计	55
3.4.4	三台电动机分时起动的的基本延时电路设计	57
3.4.5	电动机星三角起动控制	58
3.4.6	按钮计数控制	60
3.4.7	单按钮双路交替启/停输出控制	60
3.4.8	报警电路的 PLC 程序设计	61
3.4.9	纺织用刺针冲刺机控制程序	62
	思考与练习	64
第4章	FX 系列 PLC 步进指令	65
4.1	状态转移图	65
4.2	步进指令及编程方法	67
4.2.1	步进指令介绍	67
4.2.2	步进梯形图编程方法	68
4.2.3	编程注意事项	69
4.3	状态转移图常见流程状态	73
4.3.1	单流程状态编程	73
4.3.2	跳转与重复状态	75
4.3.3	选择性分支与汇合状态编程	78
4.3.4	并行分支与汇合状态	82
4.3.5	分支与汇合的组合	86
	思考与练习	90
第5章	PLC 应用指令	93
5.1	应用指令的表示与执行方式	93
5.1.1	指令与操作数	93
5.1.2	指令的数据长度与执行形式	94
5.2	常用应用指令说明	97

5.2.1	程序流程控制指令	98
5.2.2	数据传送与比较指令	104
5.2.3	算术与逻辑运算指令	108
5.2.4	数据循环与移位指令	112
5.2.5	数据处理指令	117
5.2.6	高速处理指令	119
5.2.7	方便类指令	122
5.2.8	外围设备 I/O 应用指令	124
5.3	其他应用指令	128
5.4	功能指令应用实例	129
5.4.1	实例:应用转移指令对分支程序 A 和 B 进行控制	129
5.4.2	实例:分频器控制程序	130
5.4.3	实例:十键输入指令编程	130
5.4.4	实例:BCD 码显示指令编程	131
5.4.5	实例:应用高速计数器控制变频电动机	131
5.4.6	实例:数据传送程序	133
5.4.7	实例:应用子程序调用指令编程	133
	思考与练习	135
第 6 章 三菱 FX 系列 PLC 特殊功能模块		136
6.1	模拟量 I/O 特殊模块	136
6.1.1	FX2N-4AD 输入模块	136
6.1.2	FX2N-4AD-PT 温度输入模块	139
6.1.3	FX2N-2DA 输出模块	141
6.1.4	设定增益和偏移量	143
6.2	高速计数模块	144
6.3	可编程凸轮控制器模块	147
6.3.1	缓冲寄存器及设置	148
6.3.2	应用实例	150
6.4	通信模块	151
6.4.1	FX2N-232-BD	151
6.4.2	FX2N-485-BD	152
6.5	应用实例	153
6.5.1	实例:恒压供水系统	153
6.5.2	实例:工业洗衣机控制系统	157
	思考与练习	159
第 7 章 PLC 的通信与计算机通信网络		160
7.1	通信基本知识	160
7.1.1	数据通信系统构成	160
7.1.2	数据通信方式及传输速率	160
7.1.3	串行通信接口标准	162

7.2	计算机通信的国际标准	164
7.2.1	开放系统互连模型	164
7.2.2	IEEE802 通信标准	165
7.2.3	局域网的介质访问控制	167
7.3	PLC 与 PLC 之间的通信	169
7.3.1	N:N 链接通信	169
7.3.2	双机并行链接通信	175
7.4	计算机链接与无协议数据传输	176
7.4.1	串行通信协议的格式	177
7.4.2	计算机链接通信协议	178
7.4.3	无协议数据传输	181
7.5	MELSEC NET 网络	184
7.6	实例: PLC 与变频器的 RS-485 通信	186
	思考与练习	190
第 8 章	PLC 的应用	192
8.1	PLC 控制系统设计的内容和步骤	192
8.1.1	系统设计的主要原则和内容	192
8.1.2	PLC 控制系统设计步骤	193
8.2	PLC 控制系统的硬件设计	194
8.2.1	PLC 机型的选择	194
8.2.2	I/O 模块的选择	196
8.3	PLC 控制系统软件设计	198
8.3.1	软件系统设计的步骤	198
8.3.2	PLC 软件系统设计的方法	199
8.3.3	用经验法设计小车的左右行走控制系统	200
8.3.4	用梯形图法设计机床刀具主轴运动控制系统	201
8.3.5	用步进顺控法设计搬运机械手控制程序	202
8.3.6	控制系统的调试	205
8.4	PLC 控制系统的可靠性措施	207
8.4.1	系统安装及环境条件设计	208
8.4.2	布线注意事项	209
8.4.3	接地系统设计	214
8.4.4	供电系统设计	215
8.4.5	冗余系统与热备用系统	216
8.4.6	PLC 控制系统工程应用的抗干扰设计	220
8.5	静电预防	223
8.6	节省 I/O 点数的方法	225
8.6.1	节省输入点数的方法	225
8.6.2	节省输出点数的方法	226
	思考与练习	227

第9章 三菱 FX2N 系列 PLC 应用实例	228
9.1 滚砂机控制系统	228
9.1.1 系统需求分析	228
9.1.2 硬件设计	228
9.1.3 软件设计	230
9.2 FX2N PLC 在给煤机输煤系统中的应用	235
9.2.1 系统需求分析	235
9.2.2 系统硬件设计	236
9.2.3 系统软件设计	241
9.3 FX2N PLC 在气动机械手中的应用	248
9.3.1 系统需求分析	248
9.3.2 系统硬件设计	249
9.3.3 系统软件设计	250
9.4 FX2N PLC 在饮料灌装机中的应用	255
9.4.1 系统需求分析	255
9.4.2 系统硬件设计	256
9.4.3 系统软件设计	257
9.5 FX2N PLC 在电梯控制系统中的应用	260
9.5.1 系统需求分析	260
9.5.2 系统硬件设计	262
9.5.3 系统软件设计	265
9.6 电镀流水线控制系统设计	270
9.6.1 系统需求分析	270
9.6.2 系统硬件设计	273
9.6.3 系统软件设计	276
9.7 某机车厂抬车机控制系统设计	283
9.8 某黄酒厂搅拌冷却设备运动控制	287
思考与练习	292
第10章 三菱 PLC 的编程工具简介	294
10.1 手持编程器简介	294
10.2 手持式编程器操作方法	297
10.2.1 工作方式选择	297
10.2.2 基本编程操作	299
10.2.3 对 PLC 编程元件和基本指令通/断状态的监视	303
10.2.4 对编程元件的测试	305
10.3 编程软件简介	307
10.3.1 软件安装	308
10.3.2 软件卸载	309
10.3.3 GX Developer 界面简介	309
10.4 GX Developer 基本应用	311

10.4.1	创建梯形图程序	311
10.4.2	用工具按钮创建梯形图程序	312
10.4.3	转换已创建的梯形图程序	314
10.4.4	修改梯形图程序部件	315
10.4.5	剪切和复制梯形图块	315
10.4.6	改变 PLC 类型	316
10.4.7	参数设定	317
10.4.8	在线操作	319
	思考与练习	322
	参考文献	323

第1章 PLC 概述

可编程序控制器（Programmable Logic Controller, PLC）是以微处理器为核心，综合计算机技术、自动控制技术和通信技术发展起来的一种新型工业自动控制装置。随着大规模、超大规模集成电路技术和数字通信技术的进步和发展，PLC 技术不断提高，在工业生产中获得极其广泛的应用。

本章重点介绍了 PLC 的特点、基本组成、编程语言，以及常见的 PLC 产品。通过讲解使读者对 PLC 有一个基本的认识，了解 PLC 的演化过程。掌握常见 PLC 的型号及其基本组成部分，了解 PLC 常见的编程语言及编程方式等知识。



1.1 PLC 的产生与发展

PLC 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，用面向控制过程、面向用户的“自然语言”编程，适应工业环境需求，简单易懂，操作方便，可靠性高的新一代通用工业控制装置。

PLC 是在继电器顺序控制基础上发展起来的以微处理器为核心的通用自动控制装置。

1. PLC 的产生

在 PLC 出现前，继电控制在工业领域中占有主导地位。以继电器、接触器为核心元件的自动控制系统有许多固有的缺陷。

- ☹ 系统利用布线逻辑来实现各种控制，需要使用大量的机械触点，系统运行的可靠性差；
- ☹ 当生产的工艺流程改变时，要改变大量的硬件接线，为此要耗费许多人力、物力和时间；
- ☹ 功能局限性大；
- ☹ 体积大、功耗高。

为了解决这些问题，早在 1968 年美国最大的汽车制造商通用公司（GM），为了适应汽车型号不断翻新，以求在竞争日益激烈的汽车市场中占有优势，提出了要用一种新型的控制装置取代继电控制装置，并对未来的新型控制装置做出了具体设想，即要把计算机的完备功能及灵活性、通用性好等优点，与继电器、接触器的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点，融入新的控制装置中，并要求新的控制装置编程简单。为此，特制定了以下 10 项公开招标的技术要求。

- ☹ 编程简单方便，可在现场修改程序；
- ☹ 硬件维护方便，采用插件式结构；
- ☹ 可靠性高于继电控制装置；
- ☹ 体积小于继电器、接触器装置；
- ☹ 可将数据直接送入计算机；
- ☹ 用户程序数据存储器的容量至少可以扩展到 4KB；

- ⊙ 输入可以使用 115V AC;
- ⊙ 输出可以使用 115V AC, 可直接驱动电磁阀、接触器;
- ⊙ 通用性强, 扩展方便;
- ⊙ 成本上可与继电控制系统竞争。

1969 年, 美国数字设备公司 (DEC 公司) 首先研制成功第一台可编程控制器 PDP-14, 并且在 GM 公司汽车自动装配线上试用, 获得成功, 从而开创了工业控制的新局面。接着, 美国 MODICON 公司也开发出可编程序控制器 084。1971 年, 日本从美国引进了这项新技术, 很快研制成功日本第一台可编程控序制器 DSC-8; 1973 年, 西欧等国家也研制出他们的第一台可编程序控制器; 我国从 1974 年开始研制可编程序控制器, 1977 年开始工业应用。

2. PLC 的定义

在 20 世纪 70 年代初期和中期, 可编程序控制器虽然引入了计算机的优点, 但实际上只能完成顺序控制, 仅有逻辑运算、定时、计数等功能。所以人们将可编程序控制器称为 PLC (Programmable Logic Controller)。

随着微处理器技术的发展, 20 世纪 70 年代末至 80 年代初, 可编程序控制器的处理速度大大提高, 增加了许多特殊功能, 使得可编程序控制器不仅可以进行逻辑控制, 而且可以对模拟量进行控制。因此, 美国电器制造协会 (NEMA) 将可编程序控制器命名为 PC (Programmable Controller), 但是人们习惯上还是称之为 PLC, 以便区别于个人计算机 (Personal Computer, PC)。80 年代以来, 随着大规模和超大规模集成电路技术的迅猛发展, 以 16 位和 32 位微处理器为核心的 PLC 得到了迅猛的发展, 这时的 PLC 具有了高速计数、中断、PID 调节和数据通信功能, 从而使 PLC 的应用范围和应用领域不断扩大。

为使这一新兴的工业控制装置的生产和发展规范化, 国际电工委员会 (IEC) 于 1985 年 1 月制定了 PLC 的标准, 并给它做了如下定义:

可编程序控制器是一种数字运算操作电子系统, 专为在工业环境下应用而设计。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, 并通过数字的、模拟的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关的外围设备, 都应按易于与工业控制系统形成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。

3. PLC 的发展

为了适应市场的需求, 各生产厂家对 PLC 不断进行改进, 推出了功能更强、结构更完善的新产品。总体来说, 这些新产品朝两个方向发展: 一个是向超小型、专用化和低价格的方向发展, 以便于进行单机控制; 另一个是向大型、高速、多功能和分布式全自动网络化方向发展, 以适应现代化的大型工厂、企业自动化的需要。



1.2 PLC 的特点与工作原理

PLC 是综合继电控制的优点及计算机灵活、方便的优点而设计制造和发展起来的, 这就

使 PLC 具有许多其他控制器所无法比拟的特点。

1. PLC 的基本特点

【可靠性高，抗干扰能力强】由 PLC 的定义可以知道，PLC 是专门为工业应用而设计的，因此在设计 PLC 时，从硬件和软件上都采取了抗干扰的措施，提高了其可靠性。可靠性高的 PLC 的平均无故障时间一般在 5×10^4 h 以上，三菱、西门子、ABB、松下等微型 PLC 可达 10×10^4 h 以上，而且均有完善的自诊断功能，判断故障迅速，便于维护。

☉ 硬件措施：

☞ 屏蔽：对 PLC 的电源变压器、内部 CPU、编程器等主要部件采用导电、导磁良好的材料进行屏蔽，以防外界的电磁干扰。

☞ 滤波：对 PLC 的 I/O 线路采用了多种形式的滤波，以消除或抑制高频干扰。

☞ 隔离：在 PLC 内部的微处理器和 I/O 电路之间采用光隔离措施，有效地隔离了 I/O 间电气的联系，减少了故障和误动作。

☞ 采用模块式结构：这种结构有助于在故障情况下短时修复。因为一旦查出某一模块出现故障，就能迅速更换该模块，使系统尽快恢复正常工作。

☉ 软件措施：

☞ 故障检测：设计了故障检测软件，定期检测外界环境，如掉电、欠电压、强干扰信号等，以便及时进行处理。

☞ 信息保护和恢复：信息保护和恢复软件使 PLC 偶发性故障出现时，对 PLC 内部信息进行保护，使其不被破坏。一旦故障条件消失，即可恢复原来的信息，使之正常工作。

☞ 设置警戒时钟 WDT：如果 PLC 程序每次循环执行时间超过了 WDT 规定的时间，预示程序进入死循环，立即报警。

☞ 对程序进行检查和检验，一旦程序有错，立即报警，并停止执行。

【通用性强，使用方便】PLC 产品已系列化和模块化，PLC 制造商为用户提供了品种齐全的 I/O 模块和配套部件。用户在进行控制系统的设计时，不需要自己设计和制作硬件装置，只需根据控制要求进行模块的配置。用户所做的工作只是设计满足控制对象的控制要求的应用程序。对于一个控制系统，当控制要求改变时，只需修改程序，就能变更控制功能。

【功能强】PLC 应用微电子技术和微计算机，最简单的 PLC 都具有逻辑、定时、计数等顺序控制功能；基本型式的 PLC 还具备模拟 I/O、基本算术运算、通信能力等功能；复杂的 PLC 除了具有上述功能外，还具有扩展的计算能力、多级终端机制、智能 I/O、PID 调节、过程监视、网络通信能力、远程 I/O、多处理器和高速数据处理能力。

【采用模块化结构，使系统组合灵活方便】PLC 的各个部件均采用模块化设计，各模块之间可由机架和电缆连接。系统的功能和规模可根据用户的实际需求自行组合，使系统的性能价格比更容易趋于合理。

【编程语言简单、易学，便于掌握】PLC 是由继电控制系统发展而来的一种新型的工业自动化控制装置，其主要的使用对象是广大的电气技术人员。利用工业控制的梯形图、功能块图、指令表和顺序功能表图 (SFC) 编程，不需要太多的计算机编程知识。新的编程工作站配有综合的软件工具包，并可在任何兼容的 PC 上编程。采用了与继电控制原理相似的梯形图语言，易学、易懂。

【系统设计周期短】 由于系统硬件的设计任务仅是根据对象的控制要求配置适当的模块, 而不需要设计具体的接口电路, 这样可以大大缩短整个设计所花费的时间, 加快了整个工程的进度。

【对生产工艺改变适应性强】 PLC 的核心部件是微处理器, 它实质上是一种工业控制计算机, 其控制功能是通过软件编程来实现的。当生产工艺发生变化时, 不必改变 PLC 硬件设备, 只需改变 PLC 中的程序。这对现代化的小批量、多品种产品的生产尤其适合。

【安装简单、调试方便、维护工作量小】 与计算机系统相比, PLC 的安装不需要特殊机房和严格的屏蔽。使用时, 只要各种部件连接无误, 系统便可工作, 各个模块上设有运行和故障指示装置, 便于查找故障, 大多数模块可以带电插拔, 模块可更换, 使用户可以在最短的时间内查出故障并将其排除, 最大限度地压缩故障停机时间, 使生产迅速恢复。一些 PLC 外壳由可在不良工作环境下工作的合金制成, 结构简单, 上面带有散热槽, 在高温下这种外壳不像塑料制品那样容易变形, 还可抗无线电频率 (RF 高频) 电磁干扰、防火等。PLC 控制系统的安装接线工作量比继电器控制系统的少得多, 只需将现场的各种设备与 PLC 相应的 I/O 端相连即可。PLC 软件设计和调试大多可在实验室里进行, 用模拟实验开关代替输入信号, 其输出状态可以从 PLC 上的相应发光二极管 (LED) 观察得知, 也可以另接输出模拟实验板。模拟调试好后, 再将 PLC 控制系统安装到现场, 进行联机调试, 这样既省时间又很方便, 提高了调试、维护的工作效率。

2. PLC 的基本工作原理

PLC 运行程序的方式与微型计算机相比有较大的不同。微型计算机运行程序时, 一旦执行到 END 指令, 程序运行结束。而 PLC 从 0000 号存储地址所存放的第一条用户程序开始, 在无中断或跳转的情况下, 按存储地址号递增的方向顺序逐条执行用户程序, 直到 END 指令结束, 然后再从头开始执行, 并周而复始地重复, 直到停机或从运行 (RUN) 状态切换到停止 (STOP) 工作状态。通常把 PLC 这种执行程序的方式称为扫描工作方式。每扫描完一次程序就构成一个扫描周期。另外, PLC 对 I/O 信号的处理与微型计算机的也不同。微型计算机对 I/O 信号实时处理, 而 PLC 对 I/O 信号是集中批处理。下面具体介绍 PLC 的扫描工作过程。

PLC 扫描工作方式主要分 3 个阶段, 即输入采样、程序执行、输出刷新, 如图 1-1 所示。

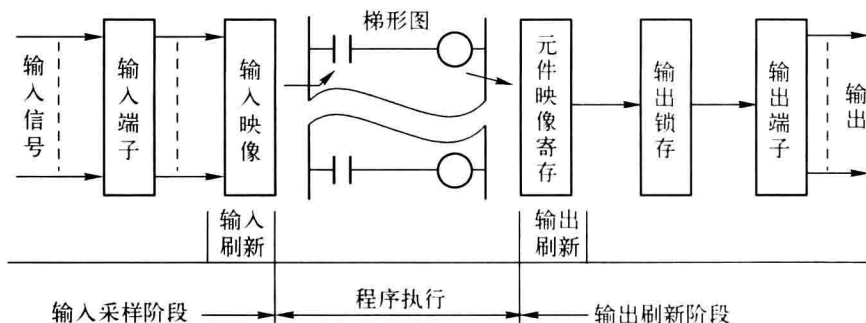


图 1-1 PLC 工作原理示意图

【输入采样阶段】 在输入采样阶段, PLC 以扫描方式依次读入所有输入状态和数据, 并将它们存入 I/O 映像区中的相应的单元内。输入采样结束后, 转入用户程序执行和输出刷新阶段。在这两个阶段中, 即使输入状态和数据发生变化, I/O 映像区中的相应单元的状态和数据也不会改变。因此, 如果输入是脉冲信号, 则该脉冲信号的宽度必须大于一个扫描周

期,才能保证在任何情况下该输入均能被读入。

【用户程序执行阶段】在用户程序执行阶段,PLC总是按由上而下的顺序依次扫描用户程序(梯形图)。在扫描每一条梯形图时,又总是先扫描梯形图左边的由各触点构成的控制线路,并按先左后右、先上后下的顺序对由触点构成的控制线路进行逻辑运算,然后根据逻辑运算的结果,刷新该逻辑线圈在系统RAM存储区中对应位的状态;或者刷新该输出线圈在I/O映像区中对应位的状态;或者确定是否要执行该梯形图所规定的特殊功能指令。即在用户程序执行过程中,只有输入点在I/O映像区内的状态和数据不会发生变化,而其他输出点和软设备在I/O映像区或系统RAM存储区内的状态和数据都有可能发生变化,而且排在上面的梯形图,其程序执行结果会对排在下面的凡是用到这些线圈或数据的梯形图起作用;相反,排在下面的梯形图,其被刷新的逻辑线圈的状态或数据只能到下一个扫描周期才能对排在其上面的程序起作用。

【输出刷新阶段】当扫描用户程序结束后,PLC就进入输出刷新阶段。在此期间,CPU按照I/O映像区内对应的状态和数据刷新所有的输出锁存电路,再经输出电路驱动相应的外设。这时才是PLC的真正输出。

从微观上来看,由于PLC特定的扫描工作方式,程序在执行过程中所用的输入信号是本周期内采样阶段的输入信号。若在程序执行过程中,输入信号发生变化,其输出不能即时作出反映,只能等到下一个扫描周期开始时才能采样该变化了的输入信号。另外,程序执行过程中产生的输出不是立即去驱动负载,而是将处理的结果存放在输出映像寄存器中,等程序全部执行结束,才能将输出映像寄存器的内容通过锁存器输出到端子上。

因此,PLC最显著的不足之处是I/O有响应滞后现象。但对一般工业设备来说,其输入为一般的开关量,其输入信号的变化周期(秒级以上)大于程序扫描周期(毫微秒级),因此从宏观上来看,输入信号一旦变化,就能立即进入输入映像寄存器。也就是说,PLC的I/O滞后现象对一般工业设备来说是完全允许的。但对某些设备,如需要输出对输入作快速反应,这时可采用快速响应模块、高速计数模块或中断处理等措施来尽量减少滞后时间。

从PLC的工作过程可以总结如下4个结论。

- ① 以扫描的方式执行程序,其I/O信号间的逻辑关系存在着原理上的滞后。扫描周期越长,滞后就越严重。
- ② 扫描周期除了包括输入采样、程序执行、输出刷新3个主要工作阶段所占的时间外,还包括系统管理操作占用的时间。其中,程序执行的时间与程序的长短及指令操作的复杂程度有关,其他基本不变。扫描周期一般为毫微秒级。
- ③ 第 n 次扫描执行程序时,所依据的输入数据是该次扫描周期中采样阶段的扫描值 X_n ;所依据的输出数据有上一次扫描的输出值 $Y(n-1)$,也有本次的输出值 Y_n 送往输出端子的信号,是本次执行全部运算后的最终结果 Y_n 。
- ④ I/O响应滞后,不仅与扫描方式有关,还与程序设计安排有关。



1.3 PLC 的分类

PLC是以微处理器为核心,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,它具有可靠性高、体积小、功能强、程序设计简单、灵活通

用、维护方便等一系列的优点,因而在冶金、能源、化工、交通、电力等领域中有着广泛的应用,成为现代工业控制的三大支柱(PLC、机器人和 CAD/CAM)之一。

PLC 产品种类繁多,其规格和性能也各不相同。通常根据 PLC 的结构形式的不同、功能的差异和 I/O 点数的多少等对其进行大致分类。

1. 按结构形式分类

根据 PLC 的结构形式,可将 PLC 分为整体式和模块式两类。

【整体式 PLC】整体式 PLC 是将电源、CPU、I/O 接口等部件都集中装在一个机箱内,如图 1-2 所示。这种 PLC 具有结构紧凑、体积小、价格低的特点。小型 PLC 一般采用这种

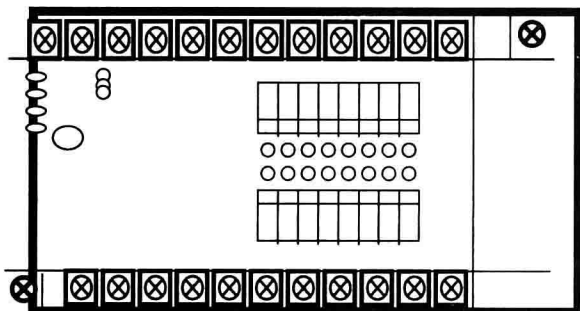


图 1-2 整体式 PLC

整体式结构。整体式 PLC 由不同 I/O 点数的基本单元(又称主机)和扩展单元组成。基本单元内有 CPU、I/O 接口、与 I/O 扩展单元相连的扩展口,以及与编程器或 EPROM 写入器相连的接口等。扩展单元内只有 I/O 和电源等,没有 CPU。基本单元和扩展单元之间一般用扁平电缆连接。整体式 PLC 一般还可配备特殊功能单元,如模拟量单元、位置控制单元等,使其功能得以扩展。

【模块式 PLC】模块式 PLC 是将 PLC 各组成部分,分别制成若干个单独的模块,如 CPU 模块、I/O 模块、电源模块(有的含在 CPU 模块中)及各种功能模块,如图 1-3 所示。模块式 PLC 由框架或基板和各种模块组成。模块装在框架或基板的插座上。模块式 PLC 的特点是配置灵活,可根据需要选配不同规模的系统,而且装配方便,便于扩展和维修。大、中型 PLC 一般采用模块式结构。

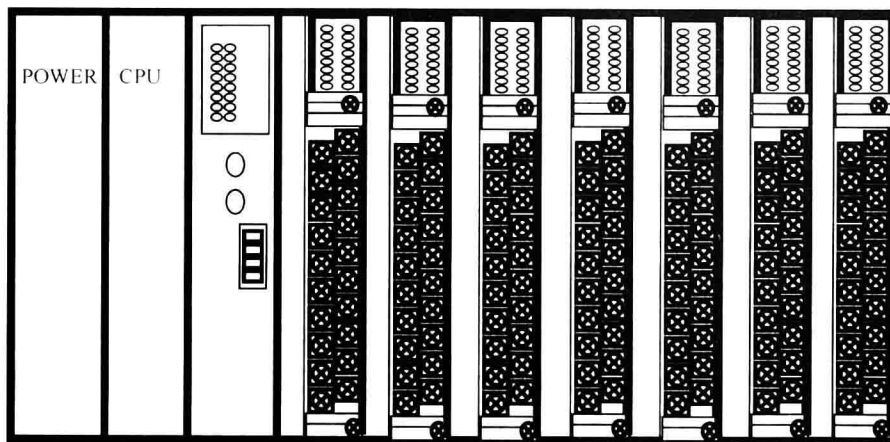


图 1-3 模块式 PLC

还有一些 PLC 将整体式和模块式的特点结合起来,构成所谓叠装式 PLC。叠装式 PLC 的 CPU、电源、I/O 接口等也是各自独立的模块,但它们之间是靠电缆进行连接的,并且各模块可以逐层叠装。这样,不仅系统可以灵活配置,还可做得体积小巧。

2. 按 PLC 所具有的功能不同分类

根据 PLC 的功能不同可将 PLC 分为低档、中档、高档三类。