

PLC技术与应用实训

(三菱机型)(第2版)

苏家健 石秀丽 主 编
顾 阳 季延风 副主编

- 第1章 PLC基础
- 第2章 FX_{2N}系列PLC的基本指令及编程方法
- 第3章 常用基本单元电路的编程
- 第4章 中级维修电工PLC实训
- 第5章 步进控制指令
- 第6章 多流程步进指令控制
- 第7章 高级维修电工PLC实训
- 第8章 FX_{2N}系列PLC的功能指令
- 第9章 数据处理指令应用与实训
- 第10章 程序控制类应用指令
- 第11章 功能模块实训
- 第12章 PLC课程设计



全国高等职业教育电子信息类专业规划教材

PLC 技术与应用实训(三菱机型)

(第2版)

苏家健 石秀丽 主 编
顾 阳 季延风 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书依据高等职业院校自动化类专业高技能型人才的培养要求和高职的教学要求及办学特点,介绍了FX_{2N}系列可编程控制器的基础知识和应用实训。

全书共12章,第1章是PLC基础,讲述PLC的基本知识;第2、3、4章是基本技能模块,讲述PLC的编程元件、基本指令、基本编程单元和PLC中级维修电工职业技能应会考题的实训与解答等内容;第5、6、7章是高级技能模块,讲述单流程步进控制、多流程步进控制和PLC高级维修电工职业技能应会考题的实训与解答等内容;第8、9、10、11章是工程设计应用模块,讲述功能指令和功能模块实训等方面内容;第12章是课程设计,该课程设计实际上是一个小型的PLC控制的机械加工车间的设计。本教材还安排了大量的设计性实训,这些内容取材广泛,使学生认识到PLC控制的实用性与趣味性,从而初步掌握应用PLC控制技术的一些基本方法。

本书可作为高职院校电气自动化技术、机电一体化技术、机械工程与自动化、工业生产自动化技术等相关专业高技能型人才培养的教材,也可供工程技术人员和技术工人职业培训使用。

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

PLC技术与应用实训:三菱机型/苏家健,石秀丽主编. —2版. —北京:电子工业出版社,2013.8

全国高等职业教育电子信息类专业规划教材

ISBN 978-7-121-21043-3

I. ①P… II. ①苏… ②石… III. ①plc技术-高等职业教育-教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第164937号

策划编辑:王昭松

责任编辑:王昭松

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

装 订:北京中新伟业印刷有限公司

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:14 字数:358.4千字

印 次:2013年8月第1次印刷

印 数:3000册 定价:35.00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 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

第2版前言

高等职业教育的根本任务是培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的高级技术人才。这种人才培养目标的实现必须有一定的实践教学环节。学生通过实践教学环节的训练,才能在实践中不断巩固和加深理论知识,提高独立工作能力和创新能力。实训是各种实践环节的综合训练,是对工程实用技能的训练。可编程控制器应用技术是先进的自动化控制技术。对于这样一门应用性广、实践性强的专业课,必须通过各种形式的实训环节,构筑实践环境,强化工程意识,提高应用能力。

本书就是基于这样一个出发点,在编写的过程中贯彻理论知识适度够用、重在实际应用和技能培养的原则,精选内容,在每章中都列举了大量的应用实例,以帮助学生理解 PLC 的应用,并从工程实际出发,由易到难,循序渐进,注重培养学生的工程应用能力和解决现场实际问题的能力。

全书共 12 章,第 1 章是 PLC 基础,讲述 PLC 的基本知识;第 2、3、4 章是基本技能模块,讲述 PLC 的编程元件、基本指令、基本编程单元和 PLC 中级维修电工职业技能应会考题的实训与解答等内容;第 5、6、7 章是高级技能模块,讲述单流程步进控制、多流程步进控制和 PLC 高级维修电工职业技能应会考题的实训与解答等内容;第 8、9、10、11 章是工程设计应用模块,讲述功能指令和功能模块实训等方面内容;第 12 章是课程设计,该课程设计实际上是一个小型的 PLC 控制的机械加工车间的设计。本教材还安排了大量的设计性实训,这些内容取材广泛,使学生认识到 PLC 控制的实用性与趣味性,从而初步掌握应用 PLC 控制技术的一些基本方法。

本书的特点如下:

- (1) 每个章节均有丰富的实例,有些提供参考答案;
- (2) 融入中级维修电工和高级维修电工的职业技能培训内容;
- (3) 提供对 PLC 课程设计方面的实训。

本书由上海震旦职业学院苏家健和上海开放大学宝山分校石秀丽任主编,上海第二工业大学顾阳、上海东方数字社区发展有限公司季延风任副主编,苏家健编写第 3、6、7 章,石秀丽编写第 1、2、4、10 章及附录,顾阳编写第 5、9、12 章,季延风编写第 8、11 章。全书由苏家健教授统稿。

本书可作为高职院校电气自动化技术、机电一体化技术、机械工程与自动化、工业生产自动化技术等相关专业高技能型人才培养的教材,也可供工程技术人员和技术工人职业培训使用。

在本书的编写过程中,得到了电子工业出版社的大力支持,同时参考了参考文献所列资料的有关内容,在此一并表示感谢。

由于编者的水平有限,在编写过程中难免存在错误和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者
2013 年 4 月

目 录

第1章 PLC 基础	(1)
1.1 PLC 简介	(1)
1.1.1 PLC 的产生和定义	(1)
1.1.2 PLC 的功能及特点	(2)
1.1.3 PLC 的分类及性能指标	(2)
1.2 PLC 的构成及工作原理	(4)
1.2.1 PLC 的硬件组成	(4)
1.2.2 PLC 的软件组成	(6)
1.2.3 PLC 的工作原理	(7)
1.2.4 PLC 的应用及发展	(10)
1.3 PLC 的基本实训	(12)
实训1 FX _{2N} 系列 PLC 机器硬件认识及使用	(12)
实训2 三相异步电动机的正反转控制	(17)
实训3 三菱 SWOPC - FXGP/WIN - C 编程软件的使用	(18)
习题1	(21)
第2章 FX _{2N} 系列 PLC 的基本指令及编程方法	(22)
2.1 FX _{2N} 系列 PLC 的内部系统配置	(22)
2.1.1 FX _{2N} 系列 PLC 的命名方式	(22)
2.1.2 FX _{2N} 系列 PLC 的主要编程元件	(25)
2.2 FX _{2N} 系列 PLC 的基本指令及编程方法	(29)
2.3 FX _{2N} 系列 PLC 编程的基本原则	(37)
2.4 FX _{2N} 系列 PLC 的基本指令实训	(39)
实训1 用 PLC 控制三相异步电动机Y—△启动继电器控制实训	(39)
实训2 三台电动机的循环启停运转控制设计	(40)
实训3 十字路口交通灯控制	(42)
实训4 用 PLC 实现三相交流异步电动机的正反转	(44)
习题2	(45)
第3章 常用基本单元电路的编程	(48)
3.1 常用基本单元电路及其编程方法	(48)
3.1.1 经验设计法	(48)
3.1.2 定时器和计数器的编程方法	(49)
3.1.3 启动、自保、停止控制的编程方法	(51)
3.1.4 互锁及连锁控制的编程方法	(52)
3.2 常用基本单元电路的编程举例	(52)
习题3	(55)
第4章 中级维修电工 PLC 实训	(58)
实训1 用 PLC 控制水塔水位自动运行电路系统	(58)

实训 2	用 PLC 控制三彩灯闪烁电路	(60)
实训 3	用 PLC 控制传输带电动机的运行系统	(61)
实训 4	用 PLC 控制智力竞赛抢答装置	(63)
实训 5	用 PLC 控制加热炉自动上料装置	(64)
实训 6	用 PLC 控制钻孔动力头电路	(66)
实训 7	用 PLC 控制仓库门自动开闭控制电路	(67)
实训 8	用 PLC 控制三相异步电动机 Y— Δ 启动主电路系统	(69)
实训 9	用 PLC 实现双速电动机控制电路	(70)
实训 10	用 PLC 控制装料小车的自动控制系统	(71)
第 5 章	步进控制指令	(73)
5.1	单流程步进指令	(73)
5.2	单流程步进指令设计举例——全自动洗衣机的控制系统	(77)
5.3	单流程步进指令实训	(80)
5.3.1	实训 1 配料小车的 PLC 控制	(80)
5.3.2	实训 2 用 PLC 控制反应炉的动作	(83)
5.3.3	实训 3 用 PLC 控制压模流水线工作	(84)
习题 5		(87)
第 6 章	多流程步进指令控制	(90)
6.1	选择性分支与汇合	(90)
6.2	选择性分支设计举例	(91)
6.2.1	用 PLC 控制拣球的动作	(91)
6.2.2	双门通道的自动控制	(93)
6.3	并行性分支与汇合	(94)
6.4	并行性分支设计举例	(95)
6.4.1	PLC 控制化工生产的液体混合	(95)
6.4.2	PLC 控制双工作台工作	(98)
6.5	多流程步进控制实训	(100)
6.5.1	实训 1 用 PLC 控制送料小车的动作	(100)
6.5.2	实训 2 用 PLC 控制自动喷漆过程	(102)
6.5.3	实训 3 半自动钻孔工作站的顺序控制	(104)
6.5.4	实训 4 输送带自动控制系统	(105)
习题 6		(106)
第 7 章	高级维修电工 PLC 实训	(109)
实训 1	送料小车的 PLC 控制	(109)
实训 2	机械滑台的 PLC 控制	(111)
实训 3	用 PLC 控制机械手	(112)
实训 4	用 PLC 控制混料罐	(116)
实训 5	用 PLC 控制红绿灯运行	(118)
实训 6	用 PLC 控制喷水池的动作	(121)
实训 7	用 PLC 控制传送带的动作	(126)
实训 8	用 PLC 控制污水处理过程	(128)
实训 9	用 PLC 控制输送带计件	(130)

实训 10 检瓶 PLC 控制	(131)
第 8 章 FX _{2N} 系列 PLC 的功能指令	(136)
8.1 功能指令概述	(136)
8.1.1 数据类软元件及存储器组织	(136)
8.1.2 功能指令的格式	(140)
8.2 传送比较指令	(141)
8.2.1 比较指令和区间比较指令	(141)
8.2.2 传送指令和移位传送指令	(142)
8.2.3 数据交换指令 XCH	(144)
8.2.4 BCD 和 BIN 变换指令	(144)
8.2.5 传送比较指令的基本用途	(145)
8.2.6 触点型比较指令	(145)
8.3 传送和比较指令实训	(146)
实训 1 用 PLC 功能指令实现电动机的 Y— Δ 启动控制	(146)
实训 2 用 PLC 实现闪光信号灯的闪光频率控制	(147)
实训 3 用 PLC 控制密码锁	(148)
实训 4 简易定时、报时器	(148)
实训 5 外置数计数器	(149)
思考与练习	(150)
第 9 章 数据处理指令应用与实训	(152)
9.1 算术运算和逻辑运算指令	(152)
9.2 循环移位与移位指令	(155)
9.3 数据处理指令	(158)
9.4 报警器置位、复位指令	(161)
9.5 方便指令	(161)
9.6 数据处理指令应用实训	(162)
实训 1 彩灯控制电路	(162)
实训 2 流水灯光控制	(163)
实训 3 步进电动机控制	(164)
实训 4 用单按钮实现五台电动机的启停控制	(166)
思考与练习	(168)
第 10 章 程序控制类应用指令	(169)
10.1 跳转程序	(169)
10.1.1 跳转程序的工作原理	(169)
10.1.2 跳转程序的使用注意事项	(169)
10.2 子程序	(170)
10.2.1 子程序的工作原理	(170)
10.2.2 子程序使用要点	(171)
10.2.3 子程序编程举例	(172)
10.3 循环指令	(172)
10.3.1 循环指令的工作原理和使用要点	(172)
10.3.2 循环指令编程举例	(173)

10.4	外部中断子程序	(173)
10.4.1	外部中断子程序的工作原理	(173)
10.4.2	外部中断子程序编程举例	(174)
10.5	定时中断子程序	(175)
10.5.1	定时中断子程序的原理	(175)
10.5.2	定时中断编程举例	(177)
10.6	程序结构	(178)
10.7	程序控制类应用指令实训	(179)
	实训1 求数组脉冲的最大值	(179)
	实训2 用PLC控制台车的呼叫系统	(179)
	实训3 广告牌边框饰灯控制	(182)
	思考与练习	(183)
第11章	功能模块实训	(184)
11.1	特殊功能模块的类型及使用	(184)
11.1.1	FX _{2N} 系列PLC特殊功能模块的类型	(184)
11.1.2	FX _{2N} 系列PLC特殊功能模块的安装及使用	(185)
11.2	模拟量输入模块FX _{2N} —4AD实训	(186)
11.3	模拟量输出模块FX _{2N} —2DA实训	(189)
11.4	铂电阻输入模块FX _{2N} —4AD—PT实训	(192)
11.5	高速计数模块FX _{2N} —1HC的应用	(194)
第12章	PLC课程设计	(197)
12.1	PLC课程设计总体要求	(197)
12.2	PLC课程设计选题	(200)
	12.2.1 长度判别和端面加工单元	(200)
	12.2.2 翻转和外圆加工单元	(201)
	12.2.3 加料机械手单元	(202)
	12.2.4 钻孔、镗孔、倒角单元	(204)
	12.2.5 表面清洗、化学处理单元	(205)
	12.2.6 零件排列、装箱单元	(206)
	12.2.7 全线节拍控制单元	(207)
附录A		(208)
参考文献		(216)

第 1 章 PLC 基础



本章要点

1. PLC 的功能、分类及性能指标。
2. PLC 的构成及工作原理。
3. PLC I/O 单元的作用及连接方式。
4. FX_{2N} 系列 PLC 基本单元、扩展单元的型号、功能及技术指标。

1.1 PLC 简介

1.1.1 PLC 的产生和定义

PLC 是可编程控制器 (Programmable Controller) 的简称, 1968 年美国的通用汽车公司首先提出了可编程控制器的概念, 1969 年美国数字设备公司 (DEC) 研制出了世界上第一台 PLC, 这时的 PLC 只能用于执行逻辑判断、计时、计数等顺序控制功能, 所以称为可编程逻辑控制器 (Programmable Logical Controller)。PLC 最早用于取代汽车生产线上的继电器控制系统, 随即扩展到食品加工、制造、冶金等工业部门。1971 年日本引进了这项生产技术, 并开始生产自己的 PLC, 如现在广泛使用的三菱公司的 FX 系列 PLC。

进入 20 世纪 70 年代后, 随着半导体技术及微机技术的发展, PLC 采用了微处理器作为中央处理器, 输入/输出单元和外围电路也都采用了中、大规模甚至超大规模的集成电路, 使 PLC 具有多项优点, 形成了各种规格的系列产品, 成为一种新型的工业自动控制标准设备。这时的 PLC 不仅具有逻辑判断功能, 还具有数据处理、PID 控制和数据通信功能, 因此被改称为可编程控制器。

1987 年 2 月, 国际电工委员会 (IEC) 在可编程控制器的标准草案中做了如下定义: “可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统, 专为在工业环境中应用而设计, 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, 并通过数字式和模拟式的输入/输出, 控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外围设备, 易于与工业控制系统连成一个整体, 并易于扩充其功能。”

PLC 具有很多通用计算机所不具备的功能和结构。如 PLC 有很多适于各种工业控制系统的模块，它的内部有一套功能完善且简单的管理程序，能够完成故障检查、用户程序输入、修改、执行与监视等。PLC 采用以传统电气图为基础的梯形图语言编程，方法简单且易于学习和掌握。在控制系统应用方面，PLC 优于计算机，它易于和自动控制系统连接，可以方便灵活地构成不同要求、不同规模的控制系统，其对环境的适应性和抗干扰能力极强，所以可将 PLC 称为工业控制计算机。由于这些特点，目前 PLC 已成为工业自动控制系统的重要支柱。

1.1.2 PLC 的功能及特点

1. 可靠性高、抗干扰能力强

由于 PLC 是专为工业控制而设计的，因此除了对元器件进行筛选外，在软件和硬件上都采用了许多抗干扰的措施，如屏蔽、滤波、隔离、故障诊断和自动恢复等，这些措施大大地提高了 PLC 的抗干扰能力和可靠性。另外由于 PLC 采用循环扫描的工作方式，所以能在很大程度上减少软故障的发生。在一些高档的 PLC 中，还采用了双 CPU 模块并行工作的方式，如 OMRON 2000H 大型机，即使它的一个 CPU 出现故障，系统也能正常工作，同时还可以修复或更换有故障的 CPU 模块，这样就极大地增加了控制系统整体的可靠性，PLC 的平均无故障时间达到 30 万小时以上。

2. 适应性强，应用灵活

由于 PLC 是系列化产品，其品种齐全，多数采用模块式的硬件结构，所以组合和扩展非常方便，用户可以根据自己的需要灵活选用，以满足各种不同控制系统的需要。

3. 编程方便，易于使用

PLC 是面向现场应用的电子设备，一直采用大多数电气技术人员熟悉的梯形图语言，梯形图语言延续使用继电器控制系统的许多符号和规定，不仅形象直观，而且易学易懂，电气工程师和具有一定基础的技术操作人员都可以在短时间内学会。

4. 具有各种接口，与外部设备连接方便，适用范围广

目前 PLC 的产品已经系列化、模块化，具有各种数字量、模拟量的 I/O 接口，能直接接入生产现场的多种规格的直流、交流信号，其输出接口在多数情况下也可以直接与各种执行器（继电器、接触器、电磁阀、调节阀等）相连接，因此能方便地进行系统配置，组成规模、功能不同的控制系统。其适应能力非常强，利用它可以控制一台单机自动化系统，也可以控制一条生产线，还可以使用在复杂的集散控制系统中。

5. 功能完善

PLC 具有模拟量和数字量输入/输出、逻辑运算、定时、计数、数据处理、通信、人机对话、自检、记录和显示等功能，可以实现顺序控制、逻辑控制、位置控制和生产过程控制，通过编程器在线和离线修改程序，就能更改系统的控制功能及要求。

1.1.3 PLC 的分类及性能指标

1. PLC 的分类

(1) 根据生产厂家的产品类型和系列分类。目前 PLC 的生产厂家很多，但主要分为欧、美、日三大块。在中国市场上，欧洲最具代表性的是西门子的产品，美国的代表产品是



AB 与 GE 公司的产品, 日本的代表产品是三菱、欧姆龙公司的产品。各公司产品型号、规格的命名方式都不统一。

(2) 根据 PLC 的 I/O 点数和存储器容量分类。按照 PLC I/O 点数、存储器容量的不同, PLC 大体上可以分为大、中、小三个等级。小型 PLC 的 I/O 点数在 256 点以下, 用户程序存储器容量为 2K 字以下 ($1\text{K} = 1\,024$, 存储一个 1 或 0 的二进制码称为一位, 一个字为 16 位)。有的 PLC 用“步”来衡量, 一步占用一个地址单元, 它表示 PLC 能存放多少用户程序。中型 PLC 的 I/O 点数在 256 ~ 2 048 之间, 用户程序存储器容量一般为 2 ~ 8K 字。大型 PLC 的 I/O 点数在 2 048 点以上, 用户程序存储器容量在 8K 字以上。

(3) 按照结构形式分类。PLC 按照结构形式不同可分为单元式、模块式和叠装式 3 种结构形式。

① 单元式(箱体式)结构的 PLC。这种结构的 PLC 是将 PLC 的电源、中央处理器、输入/输出部件集中配置在一起, 有的甚至全部安装在一块印制电路板上, 装在一个箱体内部, 通常称为主机(或基本单元), 如三菱公司的 FX_{0N}、FX_{2N} 系列 PLC。整体式 PLC 结构紧凑, 体积小, 质量轻, 价格低, 但主机的 I/O 点数固定, 使用不灵活, 小型 PLC 常使用这种结构。

② 模块式(积木式)结构的 PLC。这种结构的 PLC 是将 PLC 的各个部分以模块的形式分开, 如电源模块、CPU 模块、输入模块、输出模块, 把这些模块插入机架底板上, 组装在一个机架内。这种结构配置灵活, 装配方便, 便于扩展, 一般中型和大型 PLC 常采用这种结构, 如三菱公司的 A 系列 PLC, 但模块式结构较为复杂, 且造价较高。

③ 叠装式结构的 PLC。这种结构的 PLC 是单元式和模块式相结合的产物。把某一 PLC 工作单元的形式制作成尺寸一致的外观, CPU、I/O 口及电源也可以做成独立的, 采用电缆连接各个单元, 在控制设备中安装时可以一层一层地叠装, 这就是叠装式 PLC, 如西门子公司的 S7-200 系列 PLC 就属于这种形式。

(4) 按照 PLC 功能的强弱分类。按照 PLC 功能的强弱可以大致分为低档机、中档机、高档机三种。低档 PLC 具有逻辑运算、定时、计数等基本功能, 有的还增设了模拟量处理、算术运算、数据传送等功能, 可以实现逻辑、顺序、计时、计数等控制。中档 PLC 除了具有低档机的功能外, 还具有较强的模拟量输入/输出、算术运算、数据传送、通信联网等功能, 可完成既有开关量又有模拟量的控制任务。高档 PLC 除具有中档机的功能外, 增设带符号算术运算、矩阵运算等功能, 使其运算能力提高, 高档机还具有模拟调节、联网通信、监视、记录和打印等功能, 使 PLC 的功能更多更强, 能进行远程控制和大规模过程控制, 构成集散控制系统。

2. PLC 的主要性能指标

(1) 输入/输出(I/O)点数。I/O 点数是指 PLC 的外部输入、输出端子数。PLC 的输入、输出信号有开关量和模拟量两种, 对于开关量用最大的 I/O 点数表示, 而对于模拟量用最大的 I/O 通道数表示。

(2) PLC 内部继电器的种类和点数。它包括辅助继电器、特殊辅助继电器、定时器、计数器和移位寄存器等。

(3) 用户程序存储量。PLC 的用户程序存储器用于存储通过编程器编入的用户程序。通常用 K 字(KW)、K 字节(KB)、K 位来表示。

(4) 扫描时间。扫描时间是指 PLC 执行一次解读用户逻辑程序所需的时间, 一般情况下用一个粗略指标表示, 即用每执行 1 000 条指令所需时间来估算, 通常为 10ms 左右, 小

型机可能大于 20ms。也有用 ms/K 为单位表示的，如 20ms/K 字表示扫描 1K 字的用户程序需要的时间为 20ms。

(5) 编程语言及指令功能。PLC 常用的编程语言有梯形图语言、助记符语言、流程图语言及某些高级语言等，目前使用最多的是前两种，不同的 PLC 具有不同的编程语言。PLC 的指令可分为基本指令和扩展指令，基本指令是各种类型的 PLC 都有的，主要是逻辑指令，不同厂家、不同型号的 PLC 其指令扩展的深度是不同的。

(6) 工作环境。一般 PLC 的工作温度为 $0 \sim 55^{\circ}\text{C}$ ，最高为 60°C ，储藏温度为 $-20 \sim +85^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $5\% \sim 95\%$ ，空气条件是周围不能混有可燃性、易爆性和腐蚀性气体。

(7) 可扩展性。小型 PLC 的基本单元（主机）多为开关量的 I/O 接口，各个生产厂家在 PLC 基本单元的基础上，发展了各种智能扩展模块，如模拟量处理模块、高速处理模块、温度控制模块、通信模块等。智能扩展模块的多少是反映 PLC 产品功能的指标之一。

1.2 PLC 的构成及工作原理

1.2.1 PLC 的硬件组成

PLC 的硬件结构主要由中央处理器（CPU）、存储器（RAM，ROM）、输入/输出接口（I/O 接口）、电源及编程设备几大部分组成。PLC 的硬件结构框图如图 1.1 所示。

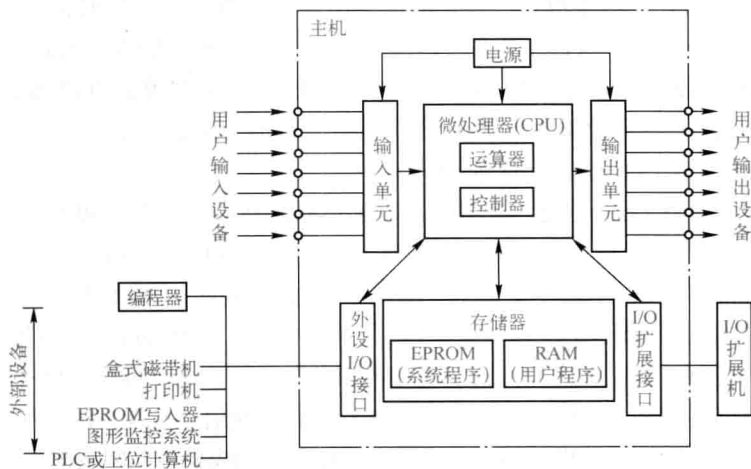


图 1.1 PLC 的硬件结构框图

1. 中央处理器

中央处理器是 PLC 的核心，它在系统程序的控制下，完成逻辑运算、数学运算、协调系统内部各部分工作等任务。PLC 中采用的 CPU 一般有三类，一类为通用微处理器，如 80286、80386 等；一类为单片机芯片，如 8031、8096 等；另外还有位处理器，如 AMD2900、AMD2903 等。一般来说，PLC 的档次越高，CPU 的位数就越多，相应地，运算速度就越快，指令功能就越强。目前常见的 PLC 多为 8 位或者 16 位机。

2. 存储器

存储器是 PLC 存放系统程序、用户程序及运算数据的单元。和一般计算机一样，PLC 的存储器有只读存储器（ROM）和随机读写存储器（RAM）两大类。



PLC 的存储器区域按用途不同,可分为程序区和数据区。程序区是用于存放用户程序的区域,一般有数千字节,而用于存放用户数据的区域一般要小一些。在数据区中,各类数据存放的位置都有严格的划分。由于 PLC 是为熟悉继电器-接触器系统的工程技术人员使用的,因此 PLC 的数据单元都叫做继电器,如输入继电器、定时器、计数器等。不同用途的继电器在存储区中占有不同的区域,每个存储单元都有不同的地址编号。

3. 输入/输出接口

输入/输出接口是 PLC 和工业控制现场各类信号连接的部分。输入口用来接收生产过程的各种参数,输出口用来送出 PLC 运算后得出的控制信息,并通过机外的执行机构完成工业现场的各类控制。PLC 为不同的接口需求设计了不同的接口单元,主要有以下几种。

(1) 开关量输入接口。它的作用是把现场的开关量信号变成 PLC 内部处理的标准信号。开关量输入接口按可接收的外信号电源的类型不同分为直流输入单元、交/直流输入单元及交流输入单元,各输入电路如图 1.2 ~ 图 1.4 所示。

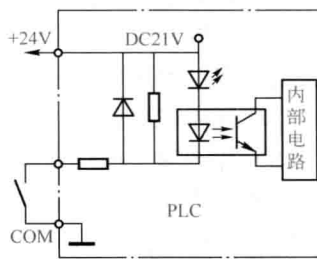


图 1.2 直流输入电路

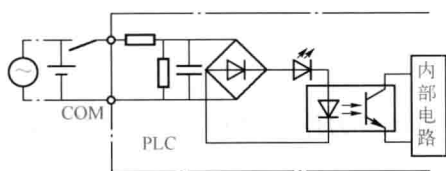


图 1.3 交/直流输入电路

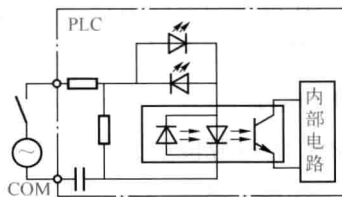


图 1.4 交流输入电路

从图中可以看出,输入接口中都有滤波电路及隔离耦合电路。滤波有抗干扰的作用,耦合有抗干扰及产生标准信号的作用。图 1.3 中输入口的电源部分画在了输入口外(虚线框外),这是分体式输入口的画法,在一般整体式 PLC 中,直流输入口都使用 PLC 本机的直流电源供电,不再需要外接电源。

(2) 开关量输出接口。它的作用是把 PLC 内部的标准信号转换成现场执行机构所需的开关量信号。开关量输出接口按 PLC 机内使用的器件不同可分为继电器型、晶体管型及晶闸管型。各类型输出电路如图 1.5 所示。

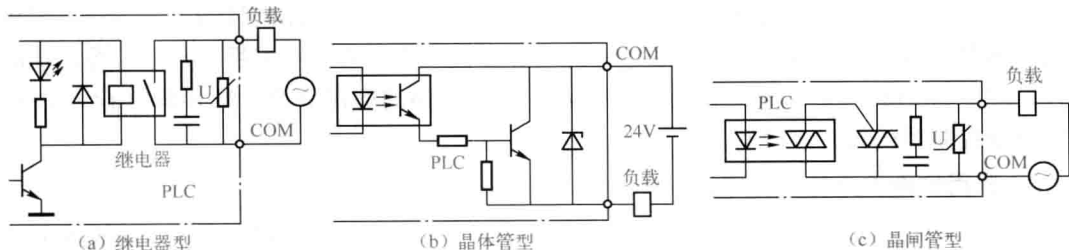


图 1.5 开关量输出电路

从图中可以看出,各类型输出接口中也都具有隔离耦合电路。这里特别要指出的是,输出接口本身都不带电源,而且在考虑外驱动电源时,还需虑及输出器件的类型。继电器型的输出接口可用于交流和直流两种电源,但接通和断开的频率低;晶体管型的输出接口有较高的接通

和断开频率，但只适用于直流驱动的场所；晶闸管型的输出接口仅适用于交流驱动的场所。

（3）模拟量输入接口。它的作用是把现场连续变化的模拟量标准信号转换成适合可编程程序控制器内部处理的由若干位二进制数表示的信号。模拟量输入接口接收标准模拟信号，可以是电压信号或是电流信号。这里，标准信号是指符合国际标准的通用交互用电压电流信号值，如 $4 \sim 20\text{mA}$ 的直流电流信号， $1 \sim 10\text{V}$ 的直流电压信号等。工业现场中模拟量信号的变化范围一般是不标准的，在送入模拟量接口时一般都需经过变换处理才能使用。

模拟量信号输入后一般经运算放大器放大后进行 A/D 转换，再经光电隔离后为 PLC 提供一定位数的数字量信号。

（4）模拟量输出接口。它的作用是将 PLC 运算处理后的数字量信号转换为模拟量输出，以满足生产过程现场连续控制信号的需求。模拟量输出接口一般由光电隔离、D/A 转换和信号驱动等环节组成。

（5）智能输入/输出接口。为了适应复杂控制工作的需要，PLC 还有一些智能控制单元，称为功能模块，如 PID 工作单元、高速计数器工作单元、温度控制单元等。这类单元大多是独立的工作单元，它们和普通输入/输出接口的区别在于具有单独的 CPU，有专门的处理能力。在具体的工作中，每个扫描周期智能单元和主机的 CPU 交换一次信息，共同完成控制任务。从近期的发展来看，不少新型的 PLC 本身也具有 PID 运算、高速计数及脉冲输出等功能，但一般比专用单元的功能弱。

4. 电源

PLC 的电源包括为 PLC 各工作单元供电的开关电源及为掉电保护电路供电的后备电源，后者一般为电池。

1.2.2 PLC 的软件组成

1. 软件的分类

PLC 的软件包含系统软件及应用软件两大部分。

（1）系统软件。系统软件含系统的管理程序、用户指令的解释程序，另外还包括一些供系统调用的专用标准程序块等。系统管理程序用以完成机内运行相关时间分配、存储空间分配管理、系统自检等工作。用户指令的解释程序用以完成用户指令转换为机器码的工作。系统软件在用户使用 PLC 之前就已装入机内，并永久保存，在各种控制工作中也不需要做什么更改。

（2）应用软件。应用软件也称用户软件，是用户为达到某种控制目的，采用专用编程语言自主编制的程序。一般采用两种表达方式：梯形图和指令表。应用程序是一定控制功能的表述，同一台 PLC 用于不同的控制目的时需要编制不同的应用程序。应用软件存入 PLC 后如需改变控制目的可多次改写。

2. 应用软件常用的编程语言

应用程序的编制需使用 PLC 生产厂家提供的编程语言。PLC 的编程语言及编程工具大体相同，常见的编程语言一般有以下 3 种。

（1）梯形图语言。梯形图语言形象直观，逻辑关系明显，电气技术人员容易接受，是目前使用最多的一种 PLC 编程语言，梯形图语言如图 1.6 所示。梯形图中的继电器、定时器、计数器等都不是物理器件，这些器件实际上是 PLC 存储器中的位，因此称之为软件继电器。当存储器中的



某位为 1 时,表示相应的继电器线圈得电或者是相应的常开触点闭合、常闭触点断开。

梯形图是形象化的编程语言,梯形图左右两端的母线是不接任何电源的,所以梯形图中没有任何物理电流流过,但分析读图时,常假设有一个电流流过,输入信号为 ON 时,线圈得电,该线圈所带的常开触点闭合,常闭触点断开,这个电流是概念电流,或称假想电流。分析时可认为左母线是电源的相线,右母线是地线,概念电流只能从左向右流动,梯形图逻辑执行的顺序是从左到右,从上到下。概念电流是执行程序时满足输出执行条件的形象理解。

在 PLC 的梯形图中每个网络由多个梯级组成,每个梯级有一个或多个支路,并由一个输出元件构成,最右边的元件必须是输出元件。一个梯形图梯级的多少,取决于控制系统的复杂程度,但一个完整的梯形图至少应有一个梯级。

(2) 指令表语言。这种编程语言是一种与计算机汇编语言类似的助记符语言,它由一系列操作指令组成的语句表将控制流程描述出来,并通过编程器送到 PLC 中。指令表是由若干条语句组成的程序,语句是程序的最小独立单元,每个操作功能由一条或几条语句来执行,每一条语句由操作码、操作数两部分组成。操作码用助记符表示,如 LD、OR、LDI 等,用来说明要执行的功能(需要 PLC 完成的操作),如逻辑与、逻辑或、计时、计数、移位等。操作数一般由标识符和参数组成,标识符表示操作数的类别,如输入继电器、输出继电器、计时器、计数器等;参数表明操作数的地址或一个预先的设定值。

(3) 顺序功能图。顺序功能图也是一种编程方法,它是一种图形说明语言,用于表示顺序控制的功能,目前国际电工协会(IEC)正在实施发展这种新式的编程标准。现在,不同的 PLC 生产厂家对这种编程语言所用的符号和名称也是不一样的,三菱公司称其为功能图语言。图 1.7 表示一个顺序功能图的编程示例。采用功能图对顺序控制系统编程非常方便,同时也很直观,在功能图中用户可以根据顺序控制步骤执行条件的变化,分析程序的执行过程,可以清楚地看到在程序执行过程中每一步的状态,便于程序的设计和调试。

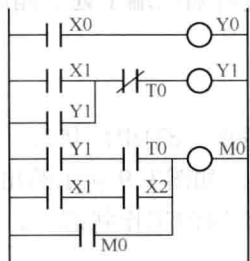


图 1.6 梯形图

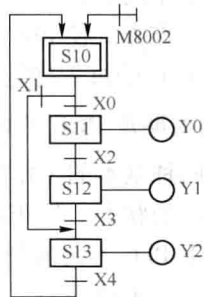


图 1.7 功能图

1.2.3 PLC 的工作原理

PLC 的工作原理可以简单地表述为在系统程序的管理下,通过运行应用程序完成用户任务。PLC 在确定了工作任务,装入了专用程序后成为一种专用机,它采用循环扫描的工作方式,系统工作任务管理及应用程序执行都是以循环扫描方式完成的。现叙述如下。

1. 分时处理及扫描工作方式

PLC 系统正常工作时所要完成的任务包括以下几个方面。

(1) 计算机内部各工作单元的调度和监控。

(2) 计算机与外部设备间的通信。

(3) 用户程序所要完成的工作。

这些工作都是分时完成的, 每项工作又都包含着许多具体的工作。以用户程序的完成来说又可分为以下三个阶段。

(1) 输入处理阶段。输入处理也叫输入采样, 在这个阶段, PLC 读入输入口的状态, 并将它们存放在输入状态暂存区中。

(2) 程序执行阶段。在这个阶段, PLC 根据本次读入的输入数据, 依用户程序的顺序逐条执行用户程序。执行的结果存储在输出状态暂存区中。

(3) 输出处理阶段。输出处理阶段称输出刷新阶段, 它是一个程序执行周期的最后阶段。PLC 将本次执行用户程序的结果一次性地从输出状态暂存区送到各个输出口, 对输出状态进行刷新。

这三个阶段也是分时完成的。为了连续地完成 PLC 所承担的工作, 系统必须周而复始地依一定的顺序完成这一系列的工作, 故把这种工作方式叫做循环扫描工作方式。PLC 用户程序执行阶段扫描工作的过程如图 1.8 所示。

2. PLC 循环扫描工作的特点

(1) 定时集中采样。PLC 对输入端子的扫描只是在输入处理阶段进行。当 CPU 进入程序处理阶段后, 输入端被封锁, 直到下一个扫描周期的输入处理阶段才对输入状态端进行新的扫描。这种定时集中采样的工作方式保证了 CPU 执行程序时和输入端子隔离断开, 输入端的变化不会影响 CPU 的工作, 提高了 PLC 的抗干扰能力。

(2) 集中输出。PLC 的输出数据由输出暂存器送到输出锁存器, 再经输出锁存器送到输出端子上。PLC 在一个工作周期内, 其输出暂存器中的数据随输出指令执行的结果而变化, 而输出锁存器中的数据一直保持不变, 直到第三阶段才对输出锁存器的数据进行刷新。这种集中输出的工作方式使 PLC 在执行程序时, 输出锁存器一直与输出端子处于隔离断开状态, 从而保证了 PLC 的抗干扰能力, 提高了 PLC 的可靠性。

3. 扫描周期及 PLC 的两种工作状态

PLC 有两种基本的工作状态, 即运行 (RUN) 状态与停止 (STOP) 状态。运行状态是执行应用程序的状态。停止状态一般用于程序的编制与修改。如图 1.9 所示给出了运行和停止两种状态下 PLC 不同的扫描过程。由图可知, 在这两个不同的工作状态下, 扫描过程所要完成的任务是不相同的。

只要 PLC 处在 RUN 状态, 它就反复地循环工作。PLC 的扫描周期就是 PLC 的一个完整工作周期, 即从读入输入状态到发出输出信号所用的时间, 它与程序的步数、时钟频率及所用指令的执行时间有关。一般输入采样和输出刷新只需要 $1 \sim 2\text{ms}$, 所以扫描时间主要由用户程序执行的时间决定。

4. PLC 执行用户程序的过程

PLC 执行用户程序的过程如图 1.10 所示。当 PLC 处于 RUN 状态时, 在初始化之后, CPU 对输入端进行扫描, 将输入数据存入输入暂存器, 此时, PLC 内部程序计数器的内容为 0000, 它指出了用户的第一条指令为 “LD X0”, 这条指令让 CPU 进行取指令、译码及执行操作。CPU 首先将输入暂存器中 X0 单元的内容存入结果寄存器, 这个动作完成后, 程序

计数器自动加1, CPU 再将第二条指令“AND X1”存入指令寄存器, 译成机器语言后执行, 所执行的操作是将结果寄存器中的内容和输入暂存器 X1 单元中的内容相“与”后, 存入结果寄存器。当 CPU 完成上述操作后, 程序计数器又自动加1, 再将“OUT Y0”指令存入指令寄存器, CPU 将结果寄存器中的内容送到输出暂存器 Y0 单元, …… , CPU 一直执行到程序的最后一条语句, 才将输出暂存器中的内容送到输出锁存器, 对输出信号进行刷新, 然后程序计数器自动变为 0000, 又开始新一次自动执行程序的过程。

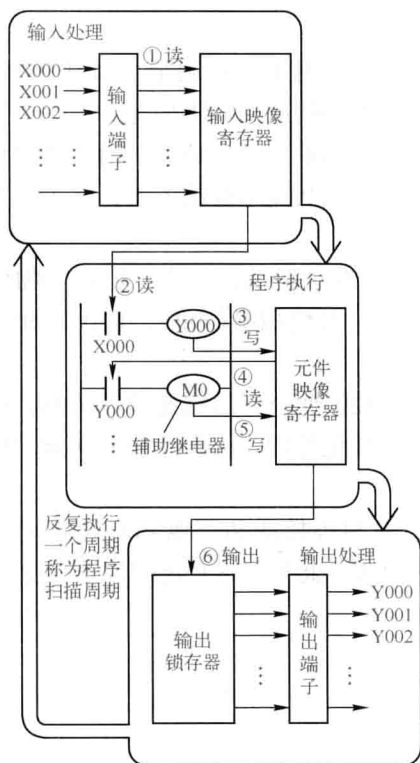


图 1.8 程序执行阶段扫描工作过程

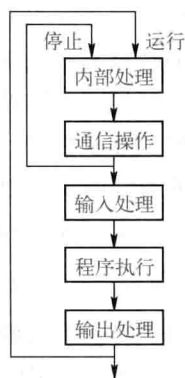


图 1.9 扫描过程示意图

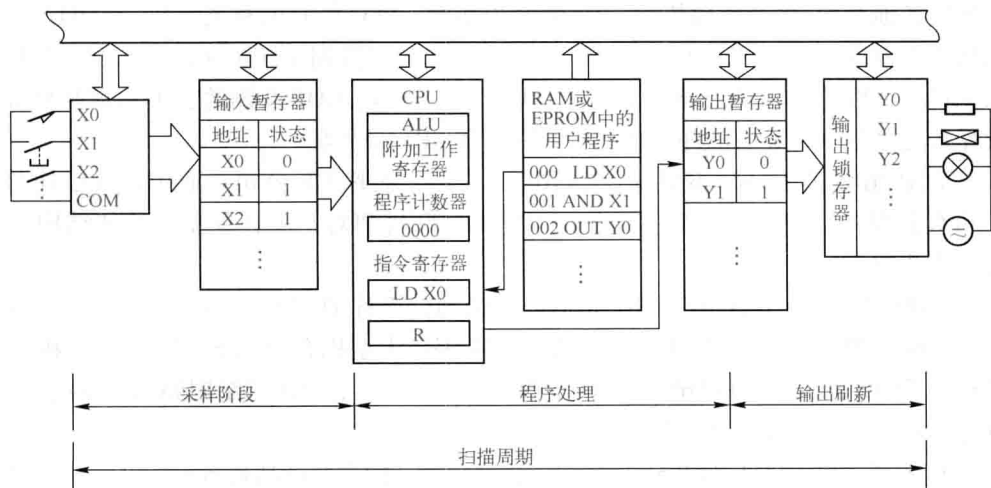


图 1.10 PLC 执行用户程序的过程