

21

21 SHIJI GAOZHIGAOZHUAN DIANZI JISHU GUIHUA JIAOCAI
世纪高职高专电子技术规划教材

PLC基础 实训教程

阮友德 邓松 主 编
宋峰青 唐佳 副主编

- 引入工程实践
- 突出基本概念
- 注重技能训练

免费提供
电子教案
习题解答

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪高职高专电子技术规划教材

PLC 基础实训教程

阮友德 邓 松 主 编

宋峰青 唐 佳 副主编

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

PLC 基础实训教程 / 阮友德, 邓松主编. —北京: 人民邮电出版社, 2007.10

21 世纪高职高专电子技术规划教材

ISBN 978-7-115-16603-6

I. P… II. ①阮…②邓… III. ①可编程序控制器—高等学校: 技术学校—教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 126420 号

内 容 提 要

本书在编写过程中遵循“以能力培养为核心, 以技能训练为主线, 以理论知识为支撑”的编写思想; 按照“管用、适用、够用”的原则精选教材内容; 充分体现教材的科学性、先进性、实用性和可操作性。

本书将 38 个项目的训练贯穿始终, 共分 5 章叙述。第 1 章介绍 PLC 的特点、组成、工作原理及 FX 系列 PLC 的软元件, 第 2 章介绍 FX 系列 PLC 的编程工具, 第 3 章详细介绍 FX 系列基本指令及其应用, 第 4 章详细介绍 FX 系列步进顺控指令及其应用, 第 5 章介绍常用功能指令、模块及其应用。

本书集技术应用能力、工程设计能力和创新能力的培养于一体, 可作为高职高专院校电子类、机电类等专业的理论与实训教材, 也可以作为技能鉴定的培训教材, 还可供相关工程技术人员参考。

21 世纪高职高专电子技术规划教材

PLC 基础实训教程

◆ 主 编 阮友德 邓 松

副 主 编 宋峰青 唐 佳

责任编辑 赵慧君

◆ 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>

北京通州大中印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 13.75

字数: 331 千字

印数: 1—3 000 册

2007 年 10 月第 1 版

2007 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16603-6/TN

定价: 22.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

本书编委会

主 任 黄炳华

副主任 张永枫 张迎辉

委 员 阮友德 邓 松 陈素芳 张仁醒 杜 江

李金强 张 坚 刘振鹏 曹扣成 杨 红

易国民 邵庆龙 谢春燕 李剑锋

丛书出版前言

遵照教育部提出的以就业为导向, 高职高专教育从专业本位向职业岗位和就业为本转变的指导思想, 人民邮电出版社协同一些高职高专院校和相关企业共同开发了 21 世纪高职高专电子技术规划教材。

随着职业教育在我国不断深化, 各高职高专院校越来越关注人才培养的模式与专业课程设置, 越来越关心学生将来的就业岗位, 并开始注重培养学生的职业能力。但是我们看到, 高职高专院校所培养的人才与市场上需要的技术应用型人才仍存在差距。那么如何在保证知识体系完整性的同时, 能在教材中体现正在应用的技术、正在发展的技术和前沿的技术成了本套教材探讨的重点, 为此我们在如下几个方面做了努力和尝试。

1. 针对电子类专业基础课程较经典, 及知识点又相对统一、固定的特点, 采取本科老师与高职高专老师合作编写的方式, 借助本科老师在理论方面深厚的功底, 在写作质量上进行把关, 高职高专老师则发挥其熟悉职业教育教学需求的优势把握教材的广度与深度, 力图达到专业基础课程理论与应用相结合的目的。

2. 高职高专教育培养的人才面向生产、管理第一线的技术型人才, 基础课程的教学应以必需、够用为原则, 以掌握概念、强化应用为教学重点, 注重岗位能力的培养。本套教材在保证基本知识点讲解的同时, 掌握“突出基本概念, 注重技能训练, 强调理论联系实际, 加强实践性教学环节”的原则, 在内容安排上避免复杂的数学推导和计算。

3. 专业课程引入工程实例, 强化培养职业能力。让学生了解在实际工作中利用单片机和 PLC 做项目的流程, 并通过一系列小的实例逐步让学生产生学习兴趣, 并了解开发过程, 最后通过一个大的完整案例对学生进行综合培训, 从而达到对职业能力的培养。

以上这些仅是高职高专教材出版的初步。如何配合学校做好为国家培养人才的工作, 出版高质量的教材将是我们不断追求和奋斗的目标。

我们衷心希望, 关注高等职业教育的广大读者能对本套教材的不当之处给予批评指正, 提出修改意见, 同时也热切盼望从事高等职业教育的老师、企业专家和我们联系, 共同探讨相关专业的教学方案和教材编写等问题。来信请发至 zhaohuijun@ptpress.com.cn。

21 世纪高职高专电子技术规划教材编委会

2005 年 8 月

编者的话

本书在编写过程中,总结了深圳职业技术学院和其他院校 PLC 课程的理论与实践教学经验,立足应用型人才的培养,在编写过程中,贯彻了以下原则。

(1) 在编写思路上遵循“以能力培养为核心,以技能训练为主线,以理论知识为支撑”,较好地处理了理论与实训的关系。PLC 技术是一门应用性很强的课程,其理论与实训的紧密结合显得尤为重要。本书采用教、学、练相结合的模式进行编排,并完全按照理论教学与实训教学的实际进程编写,每章均从最基本的应用实例出发,由实际问题入手,通过技能训练引入相关知识和理论。实训部分以理论为依托,理论部分以实训为目的,理论与实训融为一体,互相补充,互为依托。

(2) 在编写内容上按照“管用、适用、够用”的原则精选内容,实现学校和企业的零距离对接。本书选取在世界小型机市场上约占 70% 份额的三菱 FX 系列 PLC 作为讲授机型(即管用);实训用机选用 FX 系列中性价比较高的 FX_{2N} 系列 PLC(即适用);在内容安排上只介绍了 PLC 的组成、工作原理、编程工具,详细介绍了 FX_{2N} 系列 PLC 基本逻辑指令、步进顺控指令、常用的功能指令及应用,避免了内容的广而全、新而奇(即够用)。其中带※者为选学内容。

(3) 在实训指导上实行“三级指导”(即全指导、半指导和零指导),使教、学、练紧密结合。每个实训课题都安排了两个项目,第一个项目为全指导,即按照实训目的、实训器材、实训要求、硬件电路、软件程序、系统调试、实训报告等内容编写;第二个项目为半指导,即按照实训要求、调试步骤等内容编写,对于软件程序、实训电路、调试内容等由学生自行完成;零指导就是在实训报告中只给出一个控制要求,其余内容由学生自行设计。通过全指导、半指导使学生举一反三,触类旁通;通过零指导,可以培养和提高学生的设计能力、创新意识和创新能力。

此外,本书在内容阐述上,力求简明扼要、层次清楚、图文并茂、通俗易懂;在结构编排上,遵循循序渐进、由浅入深的原则;在实训项目的安排上,强调实用性、可操作性和可选择性。

本书由阮友德、邓松任主编,宋峰青、唐佳任副主编,阮友德统稿,张迎辉审定。本书在编写过程中,得到了本书编委会成员、三菱电机自动化有限公司驻深圳办事处及深圳普泰科技有限公司的大力帮助,在此一并表示感谢。

由于时间仓促以及编者水平有限,书中错误和不足之处在所难免,欢迎读者提出批评和建议。

编者

2007 年 7 月

目 录

第1章	FX 系列 PLC	1
1.1	PLC 概述	1
1.2	PLC 的基本组成	4
1.3	PLC 的工作原理	9
1.4	FX 系列 PLC	11
1.5	FX 系列 PLC 的软元件	13
	思考题	24
第2章	FX 系列 PLC 的编程工具	26
2.1	GX Developer 编程软件的使用	26
2.1.1	进入和退出编程环境	26
2.1.2	新建一个工程	27
2.1.3	软件界面	28
2.1.4	梯形图方式编制程序	28
2.1.5	指令表方式编制程序	30
2.1.6	保存、打开工程	30
2.1.7	程序的写入、读出	30
2.1.8	程序的删除与插入	33
2.1.9	程序的修改	33
2.1.10	删除与绘制连线	33
2.1.11	复制与粘贴	33
2.1.12	工程打印	34
2.1.13	工程校验	34
2.1.14	创建软元件注释	34
2.1.15	其他功能	35
2.2	FX-20P-E 型手持式编程器	37
2.2.1	编程器的组成	37
2.2.2	编程器的面板	38
2.2.3	编程器的工作方式选择	39
2.2.4	程序的写入	40
2.2.5	程序的读出	43
2.2.6	程序的修改	45
2.2.7	程序的插入	47
2.2.8	程序的删除	47

2.2.9 元件的监视	50
2.2.10 元件的测试	51
2.2.11 离线方式	53
2.2.12 密码的设定与解除	54
思考题	57
第3章 基本逻辑指令及其应用	58
3.1 基本逻辑指令	61
3.1.1 逻辑取及驱动线圈指令 LD/LDI/OUT	61
3.1.2 触点串、并联指令 AND/ANI/OR/ORI	62
3.1.3 电路块连接指令 ORB/ANB	66
3.1.4 多重输出电路指令 MPS/MRD/MPP	67
3.1.5 置位与复位指令 SET/RST	69
3.1.6 脉冲输出指令 PLS/PLF	70
※3.1.7 运算结果脉冲化指令 MEP/MEF	71
3.1.8 脉冲式触点指令 LDP/LDF/ANDP/ANDF/ORP/ORF	72
3.1.9 主控触点指令 MC/MCR	73
3.1.10 逻辑运算结果取反指令 INV	74
3.1.11 空操作和程序结束指令 NOP/END	75
3.2 常用基本电路的程序设计	77
3.2.1 起保停电路	77
3.2.2 定时器的应用	79
3.2.3 计数器的应用	79
3.2.4 振荡电路	79
3.3 PLC 程序设计	81
3.3.1 梯形图的基本规则	81
3.3.2 程序设计的方法	82
3.3.3 梯形图程序设计的技巧	86
习题	94
第4章 步进顺控指令及其应用	104
4.1 状态转移图及步进顺控指令	106
4.1.1 状态转移图	106
4.1.2 状态继电器	108
4.1.3 步进顺控指令	109
4.1.4 状态转移图的理解	110
4.2 步进顺控的编程方法	111
4.2.1 状态转移图的编程方法	111
4.2.2 编程注意事项	111
4.2.3 单流程状态转移图的编程	112
4.3 选择性流程与并行性流程的程序编制	118

4.3.1 选择性流程及其编程	118
4.3.2 并行性流程及其编程	122
※4.4 复杂流程及跳转流程的程序编制	130
4.4.1 复杂流程的程序编制	130
4.4.2 跳转流程的程序编制	133
习题	134
第 5 章 功能指令、特殊模块及其应用	150
5.1 功能指令概述及基本规则	152
5.1.1 功能指令概述	152
5.1.2 功能指令的表达形式	153
5.1.3 数据长度和指令类型	153
5.1.4 操作数	154
5.2 常用功能指令简介	156
5.2.1 程序流程指令	156
5.2.2 传送与比较指令	157
5.2.3 算术与逻辑运算指令	159
5.2.4 循环与移位指令	163
5.2.5 数据处理指令	165
5.2.6 外部设备 I/O 指令	167
5.2.7 触点比较指令	169
5.3 特殊功能模块	175
5.3.1 温度 A/D 输入模块 FX _{2N} -4AD-PT	175
※5.3.2 模拟量输入模块 FX _{3U} -4AD	180
5.3.3 D/A 输出模块 FX _{2N} -2DA	187
思考题	191
附录 A 可编程控制器实训装置简介	192
附录 B FX _{2N} 的性能规格	196
附录 C FX 系列 PLC 功能指令一览表	198
附录 D FX 系列 PLC 的子系列	205
附录 E 国内外常见的 PLC	208
参考文献	210

第 1 章

FX 系列 PLC

1.1 PLC 概述

1. PLC 的发展过程

1969 年,美国的数字设备公司(DEC)研制出了第一台可编程控制器,并用于通用汽车公司,取代生产线上的继电器控制系统,实现了生产的自动化控制,取得了让人满意的效果,从此开创了工业控制的新纪元。1971 年,日本、德国、英国、法国等相继研发了适应本国的可编程控制器,并推广使用。1974 年,我国也开始研制生产可编程控制器。早期的可编程控制器是为取代继电器控制系统而设计的,用于开关量控制,进行逻辑运算,故称之为可编程逻辑控制器(Programmable Logical Controller, PLC)。

20 世纪 70 年代后期,随着微电子技术、计算机技术和数字控制技术的迅速发展,可编程逻辑控制器从开关量逻辑控制扩展到计算机数字控制等领域,更多地具有了计算机的功能,不仅用于逻辑控制场合,而且还可以用于运动控制、过程控制、PID 控制等所有控制领域。因此,国际电工委员会(IEC)将可编程逻辑控制器改称为可编程控制器(Programmable Controller, PC),但后来为了与个人计算机(Personal Computer, PC)相区别,人们又用 PLC 作为可编程控制器的简称。

如今,PLC 已大量应用在进口和国产设备中,各行各业也涌现了大批应用 PLC 改造旧设备的成果,它的应用几乎覆盖了所有的工业企业,PLC 技术已成为当今世界的潮流,成为工业自动化的三大支柱(PLC 技术、机器人、计算机辅助设计与制造)之一。

2. PLC 的特点

随着 PLC 的发展,其应用也越来越广泛,为了确定它的性质,国际电工委员会在 1987 年 2 月颁布了 PLC 的标准草案,草案对 PLC 作了如下定义:“可编程控制器是一种数字运算操作的电子装置,专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器,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,并能通过数字式或模拟式的输入和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的外围设备都应按易于与工业控制系统连成一个整体,易于扩充其功能的原则设计”。

由以上定义可知：可编程控制器是一种数字运算操作的电子装置，是直接应用于工业环境，用程序来改变控制功能，易于与工业控制系统连成一体的工业计算机。

PLC 之所以能够高速发展，除它顺应了工业自动化的客观要求之外，更重要的是它具有许多适合工业控制的优点，较好地解决了工业控制领域中普遍关心的可靠、安全、灵活、方便、经济等问题。PLC 具有以下几个显著的特点。

(1) 可靠性高，抗干扰能力强

传统的继电器控制系统中使用了大量的中间继电器、时间继电器，由于这些继电器的触点多，动作频繁，经常出现接触不良，因此故障率高。而 PLC 用软元件（具体定义见 1.5 节）代替了大量的中间继电器和时间继电器，只剩下与输入和输出有关的少量硬件，接线可减少到继电器控制系统的 $1/100 \sim 1/10$ ，因触点接触不良而造成的故障大为减少。另外，PLC 还使用了一系列硬件和软件保护措施，如所有的输入/输出接口电路均采用光电隔离，使控制现场的外部电路与 PLC 的内部电路实现电气上的隔离；使用性能优良的开关电源，即使有 $1\text{kV}/\mu\text{s}$ 的脉冲干扰，PLC 也不会出现误动作；设计了良好的自诊断功能，一旦电源或其他软件、硬件发生异常情况，CPU 就立即采用有效措施，以防止事故扩大。因此，PLC 具有很高的可靠性和很强的抗干扰能力，平均无故障的工作时间可达数万小时，已被广大用户公认为最可靠的工业控制设备之一。

(2) 功能强大，性价比高

PLC 除了有逻辑处理功能外，大多还具有完善的数据运算能力，可用于各种数字控制领域。近年来，PLC 的功能模块大量涌现，使 PLC 渗透到位置控制、温度控制、计算机数控(CNC)等工业控制中。目前，随着 PLC 的通信功能及人机界面技术的发展，PLC 可以完成各种非常复杂的控制。与相同功能的继电器控制系统相比，PLC 具有很高的性价比。

(3) 编程简易，可现场修改

PLC 作为通用的工业控制计算机，是面向工矿企业的工控设备，其编程语言易于为工程技术人员接受。其中的梯形图就是使用最多的 PLC 编程语言，其图形符号和表现形式与继电器控制电路图相似，熟悉继电器控制电路图的工程技术人员只需花几天时间就可以熟悉梯形图语言，并用来编制用户程序，而且可以根据现场情况，在生产现场边调试边修改，以适应生产的需要。

(4) 配套齐全，使用方便

PLC 发展到今天，其产品已经标准化、系列化、模块化，有品种齐全的各种硬件和软件供用户选用，用户能灵活方便地进行系统配置，组成不同功能、不同规模的系统。此外，PLC 还具有接线方便和带负载能力强的特点，通常 PLC 都通过接线端子与外部设备连接，可以直接驱动一般的电磁阀和中小型交流接触器，使用起来极为方便。

(5) 寿命长，体积小，能耗低

PLC 不仅具有达数万小时的平均无故障时间，而且其使用寿命可达几十年。对于复杂的控制系统，使用 PLC 后，可以减少大量的中间继电器和时间继电器，因此，控制柜的体积可以缩小到原来的 $1/10 \sim 1/2$ 。特别是小型 PLC 的体积仅相当于两个继电器的大小，且能耗仅为数瓦，所以它是机电一体化设备的理想控制装置。

(6) 系统的设计、安装、调试、维修工作量少，维修方便

PLC 用软件取代了继电器控制系统中大量的硬件，使控制柜的设计、安装、接线工作量

大大减少。对于复杂的控制系统,如果掌握了正确的设计方法,设计梯形图的时间比设计继电器系统电路图的时间要少得多。PLC 可以将现场调试过程中发现的问题通过修改程序来解决,而且还可以在实验室里模拟调试用户程序,系统的调试时间比继电器系统少得多。PLC 具有完善的自诊断和显示功能,当 PLC 外部的输入装置和执行机构发生故障时,可以根据 PLC 上发光二极管或编程器提供的信息方便地查明故障的原因和部位,从而迅速地排除故障。

3. PLC 的应用领域

目前,可编程控制器已广泛应用于钢铁、石油、化工、电力、建材、机械制造、汽车、轻纺、交通运输、环保等各行各业。随着其性价比的不断提高,其应用范围正不断扩大,其用途大致有以下几个方面。

(1) 开关量逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域。PLC 具有“与”、“或”、“非”等逻辑指令,可以实现触点和电路的串、并联,代替继电器进行组合逻辑控制、定时控制与顺序控制。开关量逻辑控制可以用于单台设备,也可以用于自动生产线,其应用领域已遍及各行各业。

(2) 运动控制

PLC 使用专用的指令或运动控制模块,对直线运动或圆周运动进行控制;可实现单轴、双轴、三轴和多轴位置控制,使运动控制与顺序控制功能有机地结合在一起。PLC 的运动控制功能广泛地用于各种机械,如金属切削机床、金属成形机械、装配机械、机器人、电梯等场合。

(3) 闭环过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的闭环控制。PLC 通过模拟量 I/O 模块,实现模拟量 (Analog) 和数字量 (Digital) 之间的 A/D 与 D/A 转换,并对模拟量实行闭环 PID (比例—积分—微分) 控制。现代的 PLC 一般都有 PID 闭环控制功能,这一功能可以用 PID 功能指令或专用的 PID 模块来实现。其 PID 闭环控制功能已经广泛地应用于塑料挤压成形机、加热炉、热处理炉、锅炉等设备,以及轻工、化工、机械、冶金、电力、建材等行业。

(4) 数据处理

现代的 PLC 具有数学运算 (包括四则运算、矩阵运算、函数运算、字逻辑运算、求反、循环、移位和浮点数运算等),数据传送、转换、排序,查表及位操作等功能,可以完成数据的采集、分析和处理。这些数据可以与储存在存储器中的参考值进行比较,也可以用通信功能传送到别的智能装置,或者将它们打印制表。

(5) 通信连网

PLC 的通信包括主机与远程 I/O 之间的通信,多台 PLC 之间的通信,PLC 与其他智能控制设备 (如计算机、变频器、数控装置) 之间的通信。PLC 与其他智能控制设备一起,可以组成“分散控制、集中管理”的分布式控制系统,以满足工厂自动化系统发展的需要。

当然,并不是所有的 PLC 都具有上述全部功能,有些小型 PLC 只有上述的部分功能。

4. PLC 的发展趋势

PLC 经过了几十年的发展,实现了从无到有,从一开始的简单逻辑控制到现在的运动控制、过程控制、数据处理和连网通信,随着科学技术的进步,PLC 还将有更大的发展,主要表

现在以下几个方面。

① 从技术上看,随着计算机技术的新成果更多地应用到 PLC 的设计和制造上,PLC 会向运算速度更快、存储容量更大、功能更广、性能更稳定、性价比更高的方向发展。

② 从规模上看,随着 PLC 应用领域的不断扩大,为适应市场的需求,PLC 会进一步向超小型和超大型两个方向发展。

③ 从配套性上看,随着 PLC 功能的不断扩大,PLC 产品会向品种更丰富、规格更齐备的方向发展。

④ 从标准上看,随着 IEC1131 标准的诞生,各厂家 PLC 或同一厂家不同型号的 PLC 互不兼容的格局将被打破,将使 PLC 的通用信息、设备特性、编程语言等向 IEC1131 标准的方向发展。

⑤ 从网络通信的角度看,随着 PLC 和其他工业控制计算机组网构成大型控制系统以及现场总线的发展,PLC 将向网络化和通信的简便化方向发展。

5. 如何学好 PLC

在 PLC 的发展过程中形成了几大流派,几百个品种,每个品种又有多种系列。各种品牌的 PLC 尽管在整体结构、工作原理上相差不是太大,但其指令的功能、用法、编程的思路等却有很大的区别。因此认为了解某个品牌的 PLC 就可以去应用另一品牌的 PLC 是不太现实的,例如我们不能说熟悉了 OMRON 的 C200,就可以去应用西门子的 S7。但是,同一流派的有些 PLC 却十分接近,例如日本三菱公司的 FX 系列与日本的 OMRON 系列,尽管存在某些指令形式的不同,内部软元件的表示方式不同,但其编程的思路比较接近。

因此,学习 PLC 首先要了解其结构、工作原理,在此基础上选取一种逻辑关系清楚的作为学习的主要机型;接着了解其内部软元件,掌握其指令的意义和编程的方法;然后进行大量的编程练习,积累编程经验、掌握编程技巧;之后再学习其他品牌的 PLC。为此,本书选取了日本三菱公司的 FX 系列 PLC 作为学习用机,着重介绍了其内部软元件、编程工具、基本逻辑指令、步进顺控指令、常用功能指令及特殊功能模块等内容,并安排了大量的编程训练。希望读者通过这样的学习,能够掌握一种 PLC 的基本应用,以便在今后的工作中发扬光大。

1.2 PLC 的基本组成

PLC 通常由基本单元、扩展单元、扩展模块及特殊功能模块组成。基本单元包括 CPU、存储器、I/O 单元和电源,是 PLC 控制的核心;扩展单元是扩展 I/O 点数的装置,内部有电源;扩展模块用于增加 I/O 点数和改变 I/O 点数的比例,内部无电源,由基本单元或扩展单元供电。扩展单元和扩展模块内无 CPU,必须与基本单元一起使用。特殊功能模块是一些具有特殊用途的装置。下面介绍 PLC 基本单元的硬件和软件构成及作用。

1. 硬件

PLC 基本单元的硬件主要由中央处理单元 (CPU)、存储器、输入单元、输出单元、电

源单元、编程器、扩展接口、编程器接口和存储器接口组成,其结构框图如图 1-1 所示。

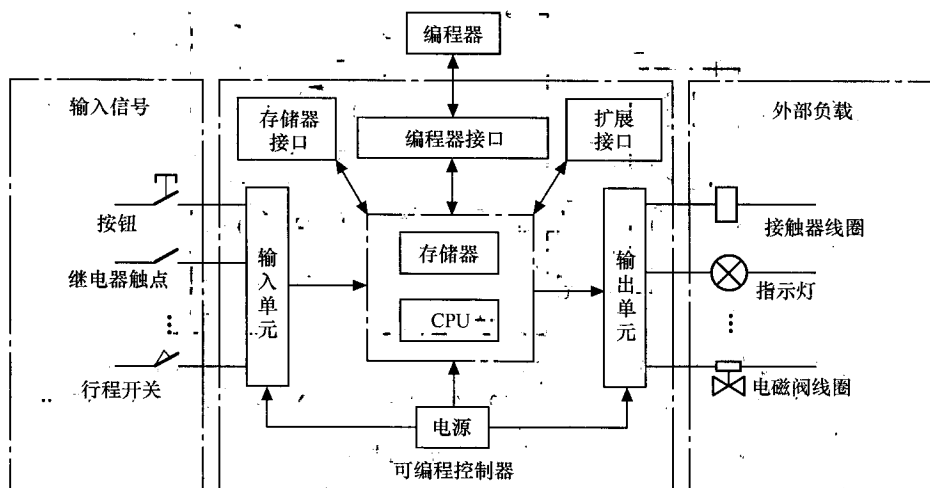


图 1-1 PLC 的结构框图

(1) 中央处理单元

中央处理单元 (CPU) 是整个 PLC 的运算和控制中心,在系统程序的控制下,通过运行用户程序完成各种控制、处理、通信以及其他功能,控制整个系统并协调系统内部各部分的工作。PLC 的档次越高,CPU 的位数就越长,运算速度也越快。如三菱 FX_{2N} 系列 PLC,大部分芯片都采用了表面封装技术,其 CPU 板有两片超大规模集成电路(双 CPU),所以 FX_{2N} 系列 PLC 在速度、集成度等方面都有明显的提高。

(2) 存储器

存储器用于存放程序和数据。PLC 配有系统存储器和用户存储器,前者用于存放系统的各种管理监控程序;后者用于存放用户编制的程序。PLC 存储器常用的有 RAM、ROM、EPROM 和 EEPROM 4 种类型。

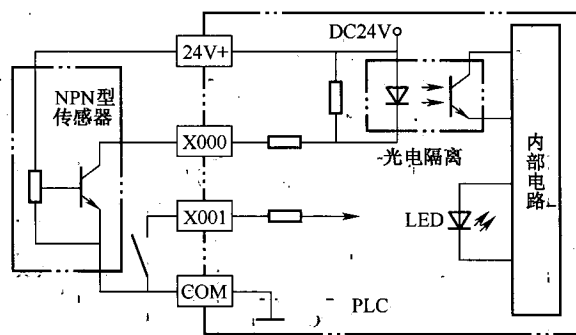
(3) I/O 单元

I/O 单元是 PLC 与生产设备连接的接口。CPU 所能处理的信号只能是标准电平,因此现场的输入信号,如按钮开关、行程开关、限位开关以及传感器输出的开关量或模拟量信号,需要通过输入单元的转换和处理才可以传送给 CPU。CPU 的输出信号,也只有通过输出单元的转换和处理,才能够驱动电磁阀、接触器、继电器等执行机构。

① 输入电路。PLC 的输入电路基本相同,通常分为 3 种类型:直流输入方式、交流输入方式和交直流输入方式。外部输入元件可以是无源触点或有源传感器。输入电路包括光电隔离和 RC 滤波器,用于消除输入触点抖动和外部噪声干扰。图 1-2 所示为直流输入方式的电路图,其中 LED 为相应输入端在面板上的指示灯,用于表示外部输入信号的 ON/OFF 状态(LED 亮表示 ON)。

从图 1-2 可知,输入信号接于输入端子(如 X0、X1)和输入公共端 COM 之间,当有输入信号(即传感器接通或开关闭合)时,则输入信号通过光电耦合电路耦合到 PLC 内部电路,并使发光二极管(LED)亮,指示有输入信号。因此,输入电路由输入公共端 COM、输入信号、输入端子与等效输入线圈等组成,当输入信号 ON 时,等效输入线圈得电,对应的输入

触点动作。但此等效输入线圈在梯形图中不能出现。



说明：输入继电器习惯写成 X0~X7、…、X260~X267，但通过 PLC 的编程软件或编程器输入时，会自动生成 3 位八进制的编号，如 X000~X007、…、X260~X267。对于输出继电器 Y000~Y007、…、Y260~Y267，也习惯写成 Y0~Y7、…、Y260~Y267。

图 1-2 直流输入方式的电路图

② 输出电路。PLC 的输出电路有 3 种形式：继电器输出、晶体管输出和晶闸管输出，如图 1-3 所示。图 1-3 (a) 所示为继电器输出型，CPU 控制继电器线圈的通电或失电，其触点相应闭合或断开，再利用触点去控制外部负载电路的通断。显然，继电器输出型 PLC 是利用继电器线圈和触点之间的电气隔离，将内部电路与外部电路进行隔离的。图 1-3 (b) 所示为晶体管输出型，通过使晶体管截止或饱和导通来控制外部负载电路。晶体管输出型是在 PLC 的内部电路与输出晶体管之间用光耦合器进行隔离的。图 1-3 (c) 所示为晶闸管输出型，通过使晶闸管导通或关断来控制外部电路。晶闸管输出型是在 PLC 的内部电路与输出元件（两端双向晶闸管开关元件）之间用光电晶闸管进行隔离的。

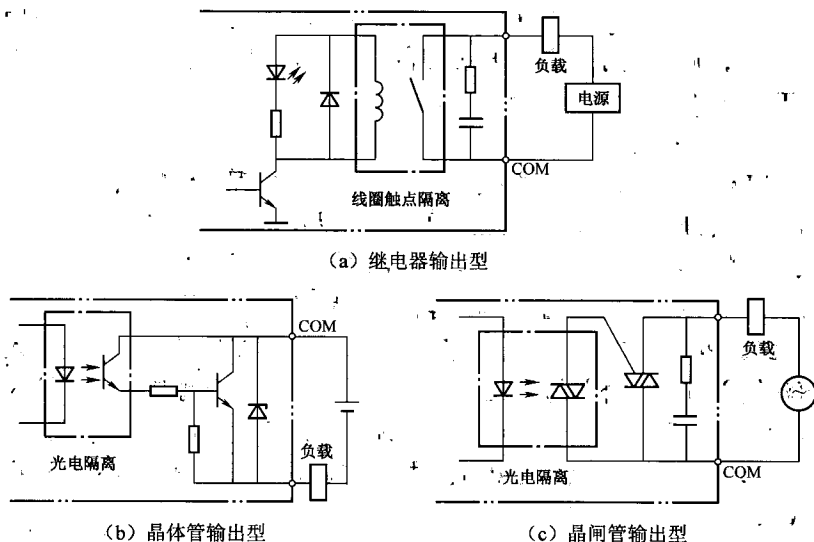


图 1-3 PLC 的输出电路图

在上述 3 种输出形式中，以继电器输出型最为常见，但响应时间最长。以 FX 系列 PLC 为例，从继电器线圈通电或断电到输出触点变为 ON 或 OFF 的响应时间均为 10ms。有关 FX

系列 PLC 的输出技术指标如表 1-3 所示。

(4) 电源单元

PLC 的供电电源一般是市电, 有的也用 DC 24V 电源供电。PLC 对电源稳定性要求不高, 一般允许电源电压在 $-15\% \sim +10\%$ 波动。PLC 内部含有一个稳压电源, 用于对 CPU 和 I/O 单元供电, 小型 PLC 的电源往往和 CPU 单元合为一体, 大中型 PLC 都有专门的电源单元。有些 PLC 还有 DC 24V 输出, 用于对外部传感器供电, 但输出电流往往只是毫安级。

(5) 编程器

编程器最少包括键盘和显示两部分, 用于对用户程序进行输入、读出、检验、修改。常用的编程器类型有: ①便携式编程器, 也叫手持式编程器, 用按键输入指令, 大多采用数码管显示, 具有体积小、易携带的特点, 适合小型 PLC 的编程要求; ②图形编程器, 又称智能编程器, 采用液晶显示器或阴极射线管 (CRT) 显示, 可在调试程序时显示各种信号状态和出错提示等, 还可与打印机、绘图仪、录音机等设备连接, 具有较强的功能, 对于习惯用梯形图编程的人员来说, 这种编程器尤为适合; ③基于个人计算机的编程软件, 即在个人计算机上安装专用的编程软件, 可以编制梯形图、语句等形式的用户程序。

(6) 扩展接口

扩展接口实际上为总线形式, 可以连接输入/输出扩展单元或模块 (使 PLC 的点数规模配置更为灵活), 也可连接模拟量处理模块、位置控制模块以及通信模块等。在大型机中, 扩展接口为插槽扩展基板的形式。

(7) 编程器接口

PLC 基本单元通常是不带编程器的, 为了能对 PLC 进行现场编程及监控, PLC 基本单元上专门设置有编程器接口, 通过这个接口可以接各种类型的编程装置, 还可以利用此接口做一些监控的工作。

(8) 存储器接口

为了存储用户程序以及扩展用户程序存储区、数据参数存储区, PLC 上还设有存储器扩展口, 可以根据使用的需要扩展存储器, 其内部也是接到总线上的。

2. 软件

PLC 是一种工业计算机, 不光要有硬件, 软件也必不可少。PLC 的软件包括监控程序和用户程序两大部分。监控程序是由 PLC 厂家编制的, 用于控制 PLC 本身的运行。监控程序包含系统管理程序、用户指令解释程序、标准程序模块和系统调用三大部分, 其功能的强弱直接决定一台 PLC 的性能。用户程序是 PLC 的使用者通过 PLC 的编程语言来编制的, 用于实现对具体生产过程的控制。

3. 编程语言

目前, FX 系列 PLC 普遍采用的编程语言——梯形图 (Ladder Diagram, LD) 和指令表 (Instruction List, IL)。梯形图是用图形符号及图形符号间的相互关系来表达控制思想的一种图形语言, 以其直观、形象、简单等特点为广大用户所熟悉和接受; 而指令表则是梯形图中的图形符号及它们之间关联的语句表达, 和梯形图中的图形符号有严格的对应关系。FX 系列 PLC 除了采用梯形图、指令表编制用户程序以外, 还采用了 IEC 规定的用于顺序控制的

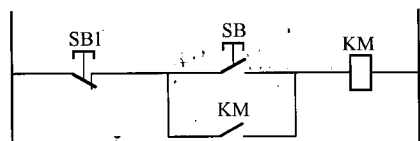
标准化语言——SFC。

-i

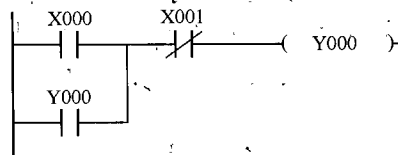
(1) 梯形图

梯形图 (LD) 是一种以图形符号及其在图中的相互关系来表示控制关系的编程语言, 是从继电器电路图演变过来的, 是使用得最多的 PLC 图形编程语言。梯形图由触点、线圈和功能指令等组成, 触点代表逻辑输入条件, 如外部的开关、按钮和内部条件等; 线圈和功能指令通常代表逻辑输出结果, 用来控制外部的负载 (如指示灯、交流接触器、电磁阀等) 或内部的输出条件。

图 1-4 所示为一个继电器电路图与相应梯形图的比较示例。可以看出, 梯形图与继电器电路图很相似, 都是用图形符号连接而成的, 这些符号与继电器电路图中的常开触点、常闭触点、并联连接、串联连接、继电器线圈等是对应的, 每一个触点和线圈都对应一个软元件。梯形图具有形象、直观、易懂的特点, 很容易被熟悉继电器控制的电气人员掌握。



(a) 继电器电路图



(b) 梯形图

说明: 图 (b) 是 PLC 编程软件所生成的标准梯形图, 但在手工绘制时, 常用如下一些非标准形式, 如 、

、、、、等。

图 1-4 继电器电路图与梯形图的比较示例

(2) 指令表

指令表 (IL) 是由许多指令构成的, PLC 的指令是一种与微型计算机的汇编语言中的指令相似的助记符表达式, 它由操作码和操作数两部分组成。操作码用助记符表示, 它表明 CPU 要执行某种操作, 是不可缺少的部分; 操作数包括执行某种操作所必需的信息, 一般由常数和软元件组成, 大多数指令只有 1 个操作数, 但有的没有操作数, 而有的有 2 个或更多。如 LDM8002 这条指令, 其中 LD 为助记符 (即操作码), M8002 为软元件 (即操作数), 其中的 M 为元件符号, 8002 为元件 M 的编号; 又如 MOV K0 D0 这条指令, 其中 MOV 为助记符, K0 为常数 (第 1 操作数), D0 为软元件 (第 2 操作数), 其中的 D 为元件符号, 0 为元件 D 的编号。

指令表程序较难阅读, 其中的逻辑关系也很难一眼看出, 所以在设计时一般使用梯形图语言。但如果使用手持式编程器输入程序, 则必须将梯形图转换成指令表后再写入 PLC。在用户程序存储器中, 指令按步序号顺序排列。

(3) 顺序功能图

顺序功能图 (SFC) 用来描述开关量控制系统的功能, 是一种位于其他编程语言之上的图形语言, 用于编制顺序控制程序。顺序功能图提供了一种组织程序的图形方法, 根据它可以很容易地画出顺控梯形图, 本书将在第 4 章中作详细介绍。

(4) 梯形图的特点

通过对图 1-4 进行分析和总结, 可以看出梯形图具有如下特点。