



全国高等职业教育规划教材

PLC技术及 应用 项目教程

史宜巧 孙业明 景绍学 主编
徐建俊 主审

- ◎ 本书以三菱 FX2N 系列 PLC 为对象，通过“专题 + 项目 + 实例”的模式讲解 PLC 技术及应用
- ◎ 通过 7 个专题介绍 PLC 的基础知识
- ◎ 通过 18 个项目讲解 PLC 的基本指令、顺序控制、功能指令的应用
- ◎ 通过 6 个工程应用实例讲解 PLC 控制系统的设计与实现



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



免费下载电子课件
<http://www.cmpedu.com>

全国高等职业教育规划教材

自动化类专业

PLC 技术及应用项目教程

史宜巧	孙业明	景绍学	主编
吴洪兵	李凤才	侍寿永	参编
		徐建俊	主审



机械工业出版社

本书以三菱 FX2N 系列 PLC 为对象,通过“专题+项目+实例”的模式讲解了 PLC 技术及应用。本书首先通过 7 个专题讲解了 PLC 的基础知识;然后采用项目导向的模式,讲解了 PLC 的基本指令、顺序控制、功能指令的应用;最后通过工程应用实例讲解了 PLC 控制系统的设计与实现。附录中提供了研讨与训练参考答案和理论复习题及参考答案,并配有 FX2N 系列 PLC 的主要性能指标、特殊元件、基本指令一览表和应用指令一览表。

本书可作为高职高专院校电气自动化、机电一体化技术、计算机控制技术等专业教材,也可作为职业培训学校 PLC 课程的教材,同时还可供从事自动化技术工作的工程技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 技术及应用项目教程/史宜巧,孙业明,景绍学主编. —北京:机械工业出版社,2009.1

全国高等职业教育规划教材·自动化类专业

ISBN 978-7-111-25605-2

I. P… II. ①史…②孙…③景… III. 可编程序控制器-高等学校:技术学校-教材 IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 180978 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:祝伟 版式设计:霍永明 责任校对:张玉琴

责任印制:李妍

唐山丰电印务有限公司印刷

2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm ·15.25 印张·376 千字

0001—5000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-25605-2

定价:25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379753 88379739

封面无防伪标均为盗版

出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近60所高等职业院校的骨干教师对在2001年出版的“面向21世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多个品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课程的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

前 言

本书是根据高职高专的培养目标，结合高职高专的教学改革和课程改革，本着“工学结合、项目引导、‘教学做’一体化”的原则而编写的。本书打破了原有教材的将“基本原理、基本指令、基本应用”等分成各个独立的章节的编写模式，而是以模块为单元，以应用为主线，通过设计不同的工程项目和实例，来引导学生由实践到理论再到实践，将理论知识融入到每一个实践操作中。

本书结合“PLC 技术及应用”课程的改革和建设，由学校、企业、行业专家组成教材编写组合作开发。本书在内容上为“双证融通”的专业培养目标服务，在方法上适合“教学做”一体化的教学模式改革。全书分为五大模块：模块1 PLC 的基础知识（分7个专题）；模块2 FX2N 系列 PLC 基本指令的应用（6个项目）；模块3 FX2N 系列 PLC 顺序控制设计法的应用（共5个项目）；模块4 FX2N 系列 PLC 功能指令的应用（共7个项目）；模块5 FX2N 系列 PLC 的工程应用实例（共2个专题和6个实例）。其中，每个项目又分别由教学目的、项目控制要求、项目预备知识、项目实现、知识进阶和研讨与训练6个环节组成。每个项目和工程实例均由教材编写组从企业生产实践中选题，再设计成教学项目，试做后编入教材，强调职业技能的训练，注重职业能力的培养。

附录中提供了基础知识复习题，并配有 FX2N 系列 PLC 的主要性能指标、特殊元件、基本指令一览表和功能指令一览表。

书中研讨与训练的参考答案和基础知识复习题的参考答案请登录 www.cmpedu.com 下载。

本书由史宜巧、孙业明、景绍学担任主编。史宜巧编写了本书的模块1和模块2，孙业明编写了模块3，景绍学编写了模块4，吴洪兵编写了模块5，李凤才、侍寿永编写了附录部分。“电机与电气控制”国家级精品课程负责人徐建俊担任本书的主审。同时还要感谢编写组的徐敏捷高级工程师、赵美荣高级工程师在本书编写过程中给予的大力支持和帮助。

由于编者水平有限，疏漏之处在所难免，欢迎各位读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

模块 1 PLC 的基础知识	1
专题 1.1 PLC 概述	1
专题 1.2 PLC 的组成与工作原理	4
专题 1.3 PLC 的编程语言与编程方法	6
专题 1.4 FX2N 系列 PLC 的型号、安装与接线	8
专题 1.5 FX-20P-E 手持编程器的使用	13
专题 1.6 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件的使用	26
专题 1.7 GX-Developer 编程软件的使用	36
模块 2 FX2N 系列 PLC 基本指令的应用	45
项目 2.1 三相异步电动机的点动运行——逻辑取、输出及结束指令	45
项目 2.2 三相异步电动机的连续运行——触点串并联及置位/复位指令	51
项目 2.3 三相异步电动机的正反转控制——块及多重输出指令	59
项目 2.4 两台电动机顺序起动逆序停止控制——延时控制方法	67
项目 2.5 Y- Δ 减压起动控制——主控触点指令	79
项目 2.6 五组抢答器控制——微分输出、取反及空操作指令	91
模块 3 FX2N 系列 PLC 顺序控制设计法的应用	98
项目 3.1 小车往复运动控制——单序列结构的基本指令编程方法	98
项目 3.2 自动门控制系统——选择序列结构的基本指令编程方法	107
项目 3.3 按钮式人行横道交通灯控制——并行序列结构的基本指令编程方法	118
项目 3.4 离心式选矿机的自动控制系统——步进顺控指令及单序列结构的状态编程法	128
项目 3.5 组合钻床——选择序列及并行序列结构的状态编程法	137
模块 4 FX2N 系列 PLC 功能指令的应用	143
项目 4.1 电动机的 Y- Δ 起动运行控制——传送指令	143
项目 4.2 简易密码锁控制——比较指令	149
项目 4.3 算术运算——四则运算指令	152
项目 4.4 九秒钟倒计时钟——七段码译码指令	157
项目 4.5 简易定时报时器——区间比较指令与触点比较指令	160
项目 4.6 霓虹灯控制——循环移位指令	165
项目 4.7 交通灯控制——位移位指令与编解码指令	167
模块 5 FX2N 系列 PLC 的工程应用实例	177
专题 5.1 PLC 控制系统设计概述	177
专题 5.2 PLC 控制系统的硬件配置	178

实例 5.1	FX2N 系列 PLC 在压滤机控制系统中的应用	182
实例 5.2	FX2N 系列 PLC 在电镀生产线上的应用	184
实例 5.3	FX2N 系列 PLC 在金属切削机床控制中的应用	189
实例 5.4	FX2N 系列 PLC 在伺服控制系统中的应用	194
实例 5.5	FX2N 系列 PLC 在球磨机润滑监控系统中的应用	196
实例 5.6	FX2N 系列 PLC 在立式车床控制系统中的应用	199
附录	207
附录 A	基础知识复习题	207
附录 B	FX2N 系列 PLC 的主要技术指标	210
附录 C	FX2N 系列 PLC 特殊元件编号及名称检索	213
附录 D	FX2N 系列 PLC 基本指令一览表	223
附录 E	FX2N 系列 PLC 功能指令一览表	225
参考文献	237

模块 1 PLC 的基础知识

专题 1.1 PLC 概述

一、PLC 的定义

PLC 是可编程序控制器 (Programmable Controller) 的简称。实际上可编程序控制器的英文缩写为 PC, 为了与个人计算机 (Personal Computer) 的英文编写相区别, 人们就将最初用于逻辑控制的可编程序控制器 (Programmable Logic Controller) 叫做 PLC。

PLC 的历史只有 30 多年, 但其发展极为迅速。为了确定它的性质, 国际电工委员会 (International Electrical Committee) 于 1982 年颁布了 PLC 标准草案第一稿, 1987 年 2 月颁布了第三稿, 对 PLC 作了如下定义:

PLC 是一种数字运算操作的电子系统, 专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程存储器, 用来存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作指令, 并通过数字式或模拟式的输入/输出, 控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其相关设备, 都应按易于与工业控制系统形成一个整体, 易于扩展其功能的原则设计。

二、PLC 控制系统与继电器接触器控制系统的比较

1. 组成器件不同

继电器接触器控制系统是由许多硬件继电器、接触器组成的, 而 PLC 控制系统则是由许多“软继电器”组成的。传统的继电器接触器控制系统由于用了大量的机械触点, 因物理性能疲劳、尘埃的隔离性及电弧的影响, 使系统可靠性大大降低。而 PLC 控制系统采用无机触点的微电子技术, 复杂的控制由 PLC 控制系统内部的运算器完成, 故寿命长、可靠性高。

2. 触点数量不同

继电器接触器的触点数较少, 一般只有 4~8 对; 而“软继电器”可供编程的触点数有无限对。

3. 控制方法不同

继电器接触器控制系统是通过元件之间的硬接线来实现的, 其控制功能是固定的。PLC 控制功能是通过软件编程来实现的, 只要改变程序, 功能即可改变。

4. 工作方式不同

在继电器接触器控制电路中, 当电源接通时, 电路中各继电器都处于受制约状态。在 PLC 控制系统中, 各“软继电器”都处于周期性循环扫描接通中, 每个“软继电器”受制约接通的时间是短暂的。

三、PLC 简介

随着 PLC 市场的不断扩大，PLC 生产已经发展成为一个庞大的产业，其主要厂商集中在一些欧美国家及日本。美国与欧洲一些国家的 PLC 是在相互隔离的情况下独立研究开发的，产品有比较大的差异；日本的 PLC 则是从美国引进的，对美国的 PLC 产品有一定的继承性。另外，日本的主推产品定位在小型 PLC 上；而欧美则以大、中型 PLC 为主。

1. 美国的 PLC 产品

美国有 100 多家 PLC 制造商，著名的 PLC 制造商有 A-B 公司、通用电气（GE）公司、莫迪康（MODICON）公司、德州仪器（TI）公司、西屋公司等。其中 A-B 公司是美国最大的 PLC 制造商，产品约占美国 PLC 市场的一半。A-B 公司的产品规格齐全、种类丰富，其主推的产品为大、中型的 PLC-5 系列。该系列为模块式结构，CPU 模块为中型的 PLC 有 PLC-5/10、PLC-5/12、PLC-5/14、PLC-5/25；CPU 模块为大型的 PLC 有 PLC-5/11、PLC-5/20、PLC-5/30、PLC-5/40、PLC-5/60。A-B 公司的小型机产品有 SLC-500 系列等。

GE 公司的代表产品是 GE-I、GE-III、GE-VI 等系列，分别为小型机、中型机及大型机，GE-VI/P 最多可配置 4 000 个 I/O 点。TI 公司的小型机产品有 510、520 等，中型机有 5TI 等，大型机有 PM550、530、560、565 等系列。MODICON 公司生产 M84 系列小型机、M484 系列中型机、M584 系列大型机。M884 是增强型中型机，具有小型机的结构、大型机的控制功能。

2. 欧洲的 PLC 产品

德国的西门子（SIEMENS）公司、AEG 公司和法国的 TE 公司是欧洲著名的 PLC 制造商。德国西门子公司的电子产品以性能精良而久负盛名。在大、中型 PLC 产品领域与美国的 A-B 公司齐名。

西门子公司 PLC 的主要产品有 S5 及 S7 系列，其中 S7 系列是近年来开发的代替 S5 的新产品。S7 系列含 S7-200、S7-300 及 S7-400 系列。其中 S7-200 是微型机，S7-300 是中、小型机，S7-400 是大型机。S7 系列机性价比较高，近年来在中国市场的占有份额有不断上升之势。

3. 日本的 PLC 产品

日本 PLC 产品在小型机领域颇具盛名。某些用欧美中型或大型机才能实现的控制，日本小型机就可以解决。日本有许多 PLC 制造商，如三菱、欧姆龙、松下、富士、日立、东芝等。在世界小型机市场上，日本的产品约占 70% 的份额。

三菱公司的 PLC 是较早进入中国市场的产品。其小型机 F1/F2 系列是 F 系列的升级产品，早期在我国的销量也不小。F1/F2 系列加强了指令系统，增加了特殊功能单元和通信功能，比 F 系列有了更强的控制能力。继 F1/F2 系列之后，20 世纪 80 年代末，三菱公司又推出了 FX 系列，在容量、速度、特殊功能、网络功能等方面都有加强。FX2 系列是在 20 世纪 90 年代推出的高功能整体式小型机，它配有各种通信适配器和特殊功能单元。FX2N 系列是近几年推出的高功能整体式小型机，它是 FX2 系列的换代产品。近年来三菱公司还推出了满足不同要求的微型 PLC，如 FX0S、FX1S、FX0N、FX1N 等系列的产品。本书以三菱 FX2N 系列机型介绍 PLC 的应用技术。

欧姆龙（OMRON）公司的 PLC 产品，大、中、小、微型规格齐全。微型机以 SP 系列为代表；小型机有 P 型、H 型、CPM1A、CPM2A 系列及 CPM2C、CQM1 系列等；中型机有 C200H、C200HS、C200HX、C200HX、C200HG、C200HE 及 CS1 等系列。

松下公司的 PLC 产品中，FP0 为微型机；FP1 为整体式小型机；FP3 为中型机；FP5/FP10、FP10S、FP20 为大型机。

4. 我国的 PLC 产品

我国有许多厂家及科研院所从事 PLC 的研制及开发工作，产品有中国科学院自动化研究所的 PLC-0088，北京联想计算机集团公司的 GK-40，上海机床电器厂的 CKY-40，上海起重电器厂的 CF-40MR/ER，苏州机床电器厂的 YZ-PC-001A，原机电部北京工业自动化研究所的 MPC-001/20、KB20/40，杭州机床电器厂的 DKK02，天津中环自动化仪表公司的 DJK-S-84/86/480，上海自立电子设备厂的 KKI 系列，上海香岛机电制造有限公司的 ACMY-S80、ACMY-S256，无锡华光电子工业有限公司（合资）的 SR-10、SR-20/21 等。

四、PLC 的应用领域

PLC 的应用非常广泛，如电梯控制、防盗系统的控制、交通分流信号灯控制、楼宇供水自动控制、消防系统自动控制、供电系统自动控制、喷水池自动控制及各种生产流水线的自动控制等。其应用情况大致可归纳为如下几类。

1. 开关量逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域，取代传统的继电器接触器电路，实现逻辑控制、顺序控制，既可用于单台设备的控制，又可用于多机群控及自动化流水线，如注塑机、印刷机、订书机械、组合机床、磨床、包装生产线、电镀流水线等。

2. 模拟量控制

PLC 利用比例积分微分（Proportional Integral Derivative, PID）算法可实现闭环控制功能，例如温度、速度、压力及流量等的过程量的控制。

3. 运动控制

PLC 可以用于圆周运动或直线运动的定位控制。近年来许多 PLC 制造商在自己的产品中增加了脉冲输出功能，配合原有的高速计数器功能，使 PLC 的定位控制能力大大增加。此外，许多 PLC 品牌具有位置控制模块，如可驱动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置控制模块，使 PLC 广泛应用于各种机械、机床、机器人、电梯等设备中。

4. 数据处理

现代 PLC 具有数学运算、数据传送、数据转换、排序、查表、位操作等功能，可以完成数据的采集、分析及处理。这些数据除可以与储存在存储器中的参考值比较，完成一定的控制操作，也可以利用通信功能传送到别的智能装置，或将它们打印制表。数据处理一般用于大型控制系统，如无人控制的柔性制造系统，也可用于过程控制系统，如造纸、冶金、食品工业中的一些大型控制系统。

5. 通信及联网

PLC 通信含 PLC 间的通信及 PLC 与其他智能设备之间的通信。随着计算机控制技术的发展，工厂自动化网络发展得很快，各 PLC 制造商都十分重视 PLC 的通信功能，纷纷推出

各自的网络系统。新近生产的 PLC 无论是网络接入能力还是通信技术指标都得到了很大改善，这使 PLC 在远程及大型控制系统中的应用能力大大增强。

专题 1.2 PLC 的组成与工作原理

一、PLC 的组成

PLC 系统的组成与微型计算机基本相同，也是由硬件系统和软件系统两大部分构成。

1. PLC 的硬件系统

PLC 的硬件系统是指构成它的各个结构部件，是有形实体，如图 1-1 所示。

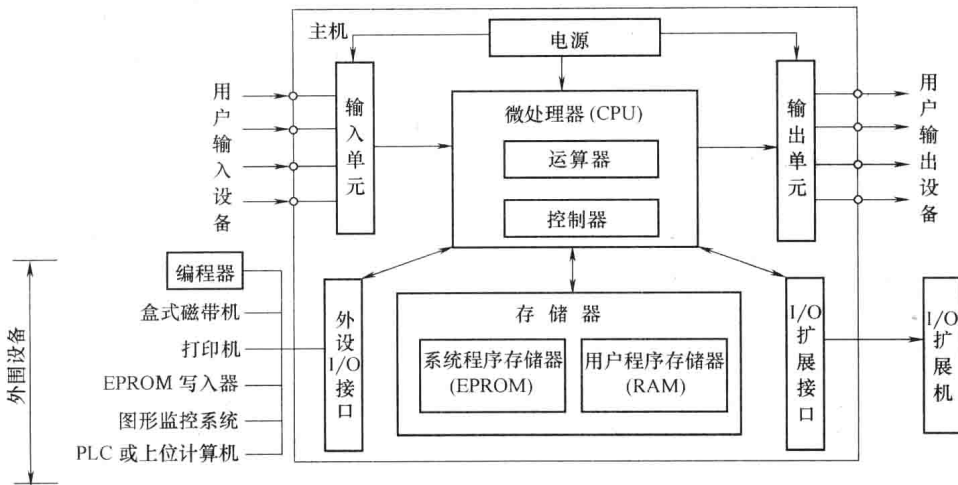


图 1-1 PLC 的组成框图

PLC 的硬件系统由主机、I/O 扩展机（单元）及外围设备组成。主机和扩展机采用微机的结构形式，其内部由运算器、控制器、存储器、输入单元、输出单元以及接口等部分组成。运算器和控制器集成在一片或几片大规模集成电路中，称为微处理器（或微处理机、中央处理器），简称 CPU。存储器主要有系统程序存储器（EPROM）和用户程序存储器（RAM）。

主机内各部分之间均通过总线连接。总线有电源总线、控制总线、地址总线和数据总线。

输入/输出单元是 PLC 与外部输入信号、被控设备连接的转换电路，通过外部接线端子可直接与现场设备相连。如将按钮、行程开关、继电器触点、传感器等接至输入端子，通过输入单元把它们的输入信号转换成微处理器能接受和处理的数字信号。输出单元则接受经微处理器处理过的数字信号，并把这些信号转换成被控设备或显示设备能够接受的电压或电流信号，经过输出端子的输出以驱动接触器线圈、电磁阀、信号灯、电动机等执行装置。

编程器是 PLC 重要的外围设备，一般 PLC 都配有专用的编程器。通过编程器可以输入程序，并可以对用户程序进行检查、修改、调试和监视，还可以调用和显示 PLC 的一些状态和系统参数。目前，在许多 PLC 控制系统中可以用通用的计算机，加上适当的接口和软

件进行编程。

2. PLC 的软件系统

PLC 的软件系统是指 PLC 所使用的各种程序的集合，包括系统程序（或称为系统软件）和用户程序（或称为应用软件）。系统程序主要包括系统管理和监控程序以及对用户程序进行编译处理的程序，各种性能不同的 PLC 系统程序会有所不同。系统程序在出厂前已被固化在 EPROM 中，用户不能改变。用户程序是用户根据生产过程和工艺要求而编制的程序，通过编程器或计算机输入到 PLC 的 RAM 中，并可对其进行修改或删除。

二、PLC 的工作原理

1. 循环扫描工作方式

PLC 用户程序的执行采用的是循环扫描工作方式，即 PLC 对用户程序逐条顺序执行，直至程序结束，然后再从头开始扫描，周而复始，直至停止执行用户程序。PLC 有两种基本的工作模式，即运行（RUN）模式和停止（STOP）模式，如图 1-2 所示。

(1) 运行模式

在运行模式下，PLC 对用户程序的循环扫描过程分为三个阶段，即输入处理阶段、程序执行阶段和输出处理阶段，如图 1-3 所示。

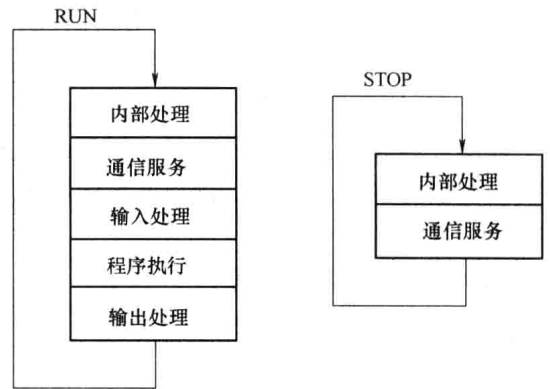


图 1-2 PLC 基本的工作模式

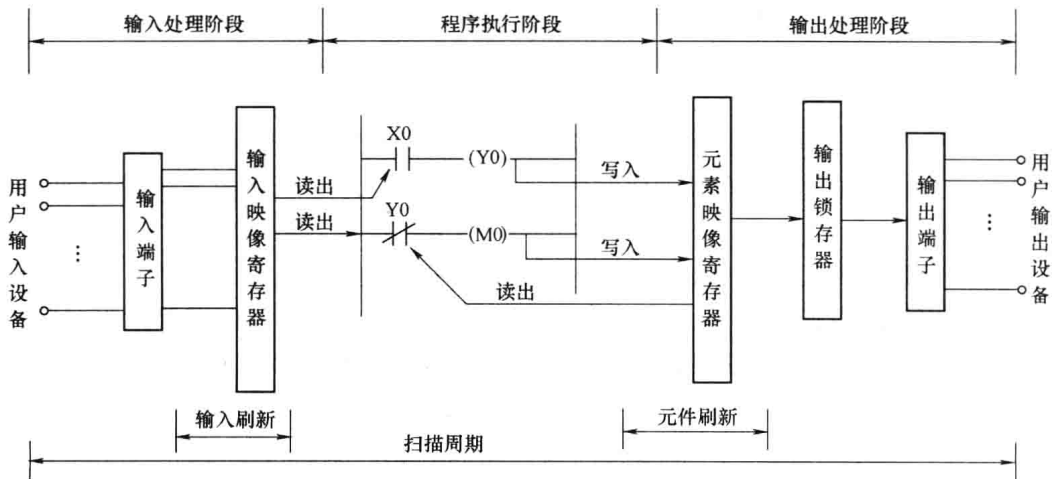


图 1-3 PLC 的工作过程

1) 输入处理阶段。输入处理阶段又称为输入采样阶段。PLC 在此阶段，以扫描方式顺序读入所有输入端子的状态（接通或断开），并将其状态存入输入映像寄存器。接着转入程序执行阶段，在程序执行期间，即使输入状态发生变化，输入映像寄存器的内容也不会变化，这些变化只能在一个工作周期的输入采样阶段才被读入刷新。

2) 程序执行阶段。在程序执行阶段，PLC 对程序按顺序进行扫描。如果程序用梯形图

表示，则总是按先上后下、先左后右的顺序进行扫描。每扫描一条指令时，所需的输入状态或其他元素的状态分别由输入映像寄存器和元素映像寄存器中读出，然后进行逻辑运算，并将运算结果写入到元素映像寄存器中。也就是说程序执行过程中，元素映像寄存器内元素的状态可以被后面将要执行到的程序所应用，它所寄存的内容也会随程序执行的进程而变化。

3) 输出处理阶段。输出处理阶段又称为输出刷新阶段。在此阶段，PLC 将元素映像寄存器中所有输出继电器的状态（接通或断开），转存到输出锁存电路，再驱动被控对象（负载），这就是 PLC 的实际输出。

PLC 重复执行上述三个阶段，这三个阶段也是分时完成的。为了连续完成 PLC 所承担的工作，系统必须周而复始地按一定的顺序完成这一系列的具体工作。这种工作方式叫做循环扫描工作方式。PLC 执行一次扫描操作所需的时间称为扫描周期，其典型值为 1 ~ 100ms。一般来说，在一个扫描过程中，执行指令的时间占了绝大部分。

(2) 停止模式

在停止模式下，PLC 只进行内部处理和通信服务工作。在内部处理阶段，PLC 检查 CPU 模块内部的硬件是否正常，进行监控定时器复位等工作。在通信服务阶段，PLC 与其他的带 CPU 的智能装置通信。

2. 输入/输出滞后时间

由于 PLC 采用循环扫描工作方式，即对信息采用串行处理方式，这就必然带来了输入/输出的响应滞后问题。

输入/输出滞后时间又称为系统响应时间，是指从 PLC 外部输入信号发生变化的时刻起至由它控制的有关外部输出信号发生变化的时刻止所需的时间。它由输入电路的滤波时间、输出模块的滞后时间和因扫描工作方式产生的滞后时间三部分组成。

1) 输入模块的 RC 滤波电路用来滤除由输入端引入的干扰噪声，消除因外接输入触点动作时产生抖动引起的不良影响。滤波时间常数决定了输入滤波时间的长短，其典型值为 10ms。

2) 输出模块的滞后时间与模块开关器件的类型有关，继电器型约为 10ms；晶体管型一般小于 1ms；双向晶闸管型在负载通电时的滞后时间约为 1ms；负载由通电到断电时的最大滞后时间约为 10ms。

3) 由扫描工作方式产生的最大滞后时间可超过两个扫描周期。

输入/输出滞后时间对于一般工业设备是完全允许的，但对于某些需要输出对输入做出快速响应的工业现场，可以采用快速响应模块、高速计数模块以及中断处理等措施来尽量减小响应时间。

专题 1.3 PLC 的编程语言与编程方法

一、PLC 的编程语言

PLC 是按照程序进行工作的。程序就是用一定的语言描述出来的控制任务。1994 年 5 月国际电工委员会 (IEC) 在 PLC 标准中推荐的常用语言有梯形图 (Ladder Diagram)、指令表 (Instruction List)、顺序功能图 (Sequential Function Chart) 和功能块图 (Function Block

Diagram) 等。

1. 梯形图

梯形图 (Ladder Diagram) 基本上沿用电气控制图的形式, 采用的符号也大致相同。如图 1-4a 所示, 梯形图两侧的平行竖线为母线, 其间为由许多触点和编程线圈组成的逻辑行。应用梯形图进行编程时, 只要按梯形图逻辑行顺序输入到计算机中, 计算机就可自动将梯形图转换成 PLC 能接受的机器语言, 存入并执行。

2. 指令表

指令表 (Instruction List) 类似于计算机汇编语言的形式, 用指令的助记符来进行编程。它通过编程器按照指令表的指令顺序逐条写入 PLC 并可直接运行。指令表的指令助记符比较直观易懂, 编程也很简单, 便于工程人员掌握, 因此得到了广泛的应用。但要注意的是, 不同厂家制造的 PLC, 所使用的指令助记符有所不同, 即对同一梯形图来说, 用指令助记符写成的语句表也不相同。图 1-4a 梯形图对应的指令表如图 1-4b 所示。

3. 顺序功能图

顺序功能图 (Sequential Function Chart) 应用于顺序控制类的程序设计, 包括步、动作、转换条件、有向连线和转换五个基本要素。顺序功能图的编程方法是将复杂的控制过程分成多个工作步骤 (简称步), 每个步又对应着工艺动作, 把这些步按照一定的顺序要求进行排列组合, 就构成整体的控制程序。顺序功能图如图 1-5 所示。

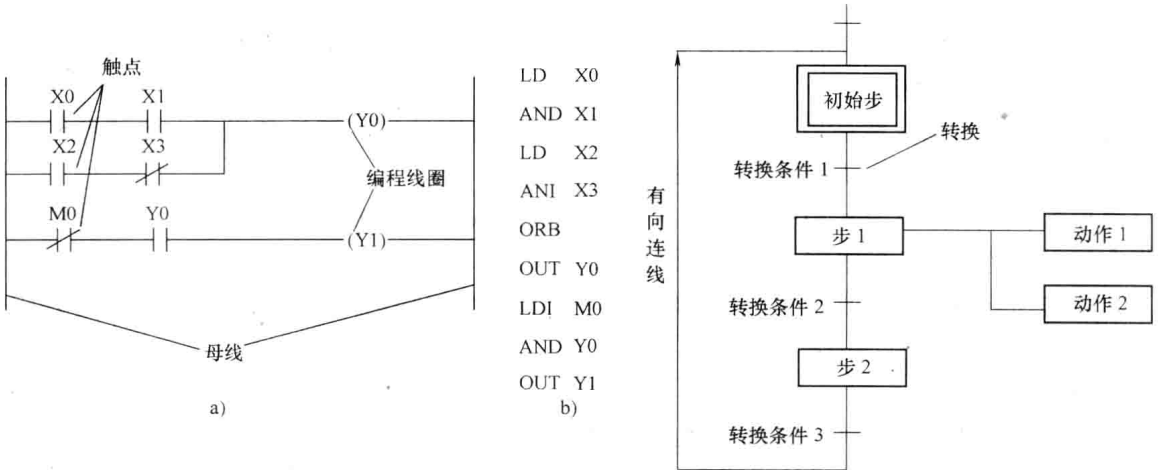


图 1-4 梯形图和指令表
a) 梯形图 b) 指令表

图 1-5 顺序功能图

4. 功能块图

功能块图 (Function Block Diagram) 是一种类似于数字逻辑电路的编程语言, 熟悉数字电路的技术人员比较容易掌握。该编程语言用类似“与门”、“或门”的方框来表示逻辑运算关系, 方框的左侧为逻辑运算的输入变量, 右侧为输出变量, 输入端、输出端的小圆圈表示“非”运算, 信号自左向右流动。功能块图如图 1-6 所示。

二、PLC 的编程方法

在设计 PLC 程序时, 可以根据自己的实际情况, 采用以下不同的方法。

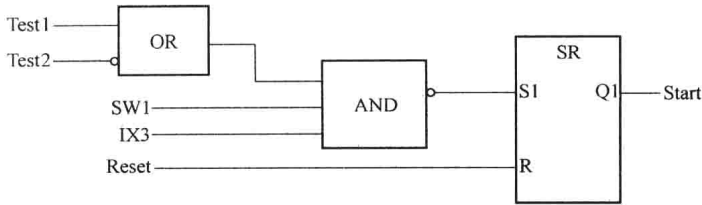


图 1-6 功能块图

1. 经验法

经验法是运用自己的经验或者借鉴他人的已经成功的实例进行设计。可以对已有相近或者类似的实例按照控制系统的要求进行修改，直到满足控制系统的要求。在工作中应不断积累经验 and 收集资料，从而丰富自己的设计经验。

2. 解析法

PLC 的逻辑控制实际上就是逻辑问题的综合。可以根据组合逻辑或者时序逻辑的理论，并运用相应的解析方法，对其进行逻辑关系求解，按照求解的结果编制梯形图或直接编写指令。解析法比较严谨，可以避免编程的盲目性。

3. 图解法

图解法是依照画图的方法进行 PLC 程序设计。常见的方法有梯形图法、时序图（波形图）法和流程图法。

梯形图法是最基本的方法，无论是经验法还是解析法，在把控制系统的要求等价于梯形图时就要用到梯形图法。

时序图（波形图）法适用于时间控制电路，先把对应信号的波形画出来，再依照时间顺序用逻辑关系去组合，就可以把控制程序设计出来。

流程图法是用框图表示 PLC 程序的执行过程及输入条件与输出之间的关系。在使用步进指令编程的情况下，采用该方法设计很方便。

图解法和解析法不是彼此独立的。解析法要画图，图解法也要列解析式，只是两种方法的侧重点不一样。

4. 技巧法

技巧法是在经验法和解析法的基础上，运用技巧进行编程，以提高编程质量。还可以使用流程图做工具，将巧妙的设计形式化，进而编制所需要的程序。该方法是多种编程方法的综合应用。

5. 计算机辅助设计

计算机辅助设计是利用 PLC 通过上位链接单元与计算机实现链接，运用计算机进行编程。该方法需要有相应的编程软件。

专题 1.4 FX2N 系列 PLC 的型号、安装与接线

一、FX2N 系列 PLC 的型号

FX2N 系列 PLC 的基本单元、扩展单元、扩展模块的型号规格见表 1-1 ~ 表 1-3。

表 1-1 基本单元一览表

输入/输出 总点数	输入点数	输出点数	FX2N 系列		
			AC 电源 DC 输入		
			继电器输出	三端双向晶闸管开关器件	晶体管输出
16	8	8	FX2N-16MR-001	—	FX2N-16MT-001
32	16	16	FX2N-32MR-001	FX2N-32MS-001	FX2N-32MT-001
48	24	24	FX2N-48MR-001	FX2N-48MS-001	FX2N-48MT-001
64	32	32	FX2N-64MR-001	FX2N-64MS-001	FX2N-64MT-001
80	40	40	FX2N-80MR-001	FX2N-80MS-001	FX2N-80MT-001
128	64	64	FX2N-128MR-001	—	FX2N-128MT-001
输入/输出 总点数	输入点数	输出点数	DC 电源 AC 输入		
			继电器输出	晶体管输出	
32	16	16	FX2N-32MR-D	FX2N-32MT-D	
48	24	24	FX2N-48MR-D	FX2N-48MT-D	
64	32	32	FX2N-64MR-D	FX2N-64MT-D	
80	40	40	FX2N-80MR-D	FX2N-80MT-D	

表 1-2 扩展单元一览表

输入/输出 总点数	输入点数	输出点数	AC 电源 DC 输入		
			继电器输出	三端双向晶闸管开关器件	晶体管输出
32	16	16	FX2N-32ER	—	FX2N-32ET
48	24	24	FX2N-48ER	—	FX2N-48ET

表 1-3 扩展模块一览表

输入/输出 总点数	输入点数	输出点数	继电器输出	输入	晶体管输出	三端双向晶闸管开关器件	输入信号电压	连接形式
8 (16)	4 (8)	4 (8)	FX0N-8ER		—	—	DC24V	横端子台
8	8	0	—	FX0N-8EX	—	—	DC24V	横端子台
8	0	8	FX0N-8EYR	—	FX0N-8EYT	—	—	横端子台
16	16	0	—	FX0N-16EX	—	—	DC24V	横端子台
16	0	16	FX0N-16EYR	—	FX0N-16EYT	—	—	横端子台
16	16	0	—	FX2N-16EX	—	—	DC24V	纵端子台
16	0	16	FX2N-16EYR	—	FX2N-16EYT	FX2N-16EYS	—	纵端子台

图 1-7 为基本单元型号名称及其含义说明。扩展单元及扩展模块型号的构成与基本单元相同，只是在模块区分部分中用“E”代替“M”。

二、FX2N 系列 PLC 的安装及接线

PLC 应安装在环境温度为 0 ~ 55℃、相对湿度小于 89% 大于 35%、无粉尘和油烟、无腐蚀性及可燃性气体的场合中。

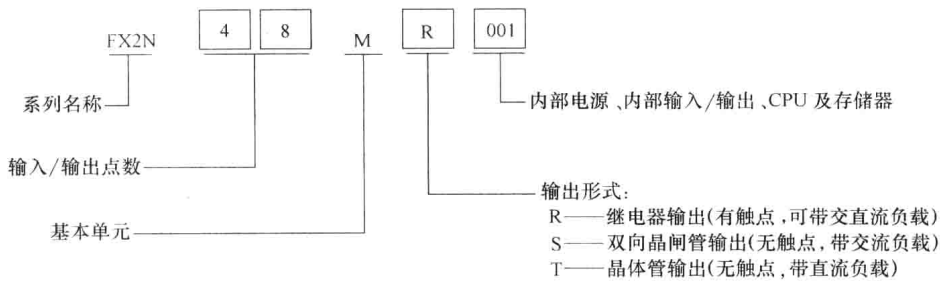


图 1-7 基本单元型号名称及其含义说明

PLC 有两种安装方式：一是直接利用机箱上的安装孔，用螺钉将机箱固定在控制柜的背板或面板上；二是利用 DIN 导轨安装，这需要将 DIN 导轨固定好，再将 PLC 及各种扩展单元卡上 DIN 导轨。安装时，还要注意在 PLC 周围留足散热及接线的空间。图 1-8 为 FX2N 机及扩展设备在 DIN 导轨上安装的情况。

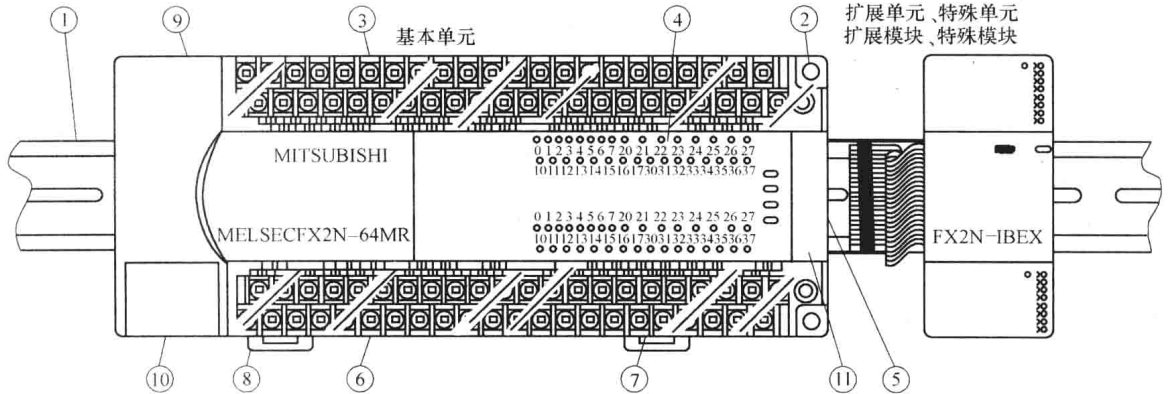


图 1-8 FX2N 机及扩展设备在 DIN 导轨上的安装

PLC 在工作前必须正确地接入控制系统。和 PLC 连接的主要有 PLC 的电源接线、输入/输出器件的接线、通信线和接地线等。

1. 电源接入及端子排列

PLC 基本单元的供电通常有两种情况：一是直接使用工频交流电，通过交流输入端子连接，对电压的要求比较宽松，100 ~ 250V 均可使用；二是采用外部直流开关电源供电，一般配有直流 24V 输入端子。采用交流供电的 PLC 内部带有直流 24V 内部电源，为输入器件及扩展模块供电。FX2N 系列 PLC 大多为 AC 电源、DC 输入形式。图 1-9 为 FX2N-48M 的接线端子排列图，上部端子排中标有 L 及 N 的接线位为交流电源相线及中线的接入点。图 1-10 为基本单元接有扩展模块时交直流电源的配线示意图。

2. 输入端器件的接入

PLC 的输入端连接输入信号，器件主要有开关、按钮及各种传感器，这些都是触点类型的器件。在接入 PLC 时，每个触点的两个接头分别连接一个输入点及输入公共端。由图 1-9 可知 PLC 的开关量输入接线点都是螺钉接入方式，每一位信号占用一个螺钉。图 1-9 中上