



全国高等职业教育规划教材

PLC应用技术

郭 琼 主编

电子课件下载网址 www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

PLC 应用技术

主 编 郭 琼
副主编 苏卫峰



机械工业出版社

本书是根据国家示范性高等职业院校建设项目的需要编写的。本书以三菱 FX_{2N} PLC 为主线,介绍了 PLC 的基本原理、系统结构、指令系统、编程软件、系统设计和实现的方法、模拟量控制和通信的应用,并以案例带动知识点的学习,可使学生在分析解决实际问题的过程中提高知识的应用能力。本书最后简单介绍了西门子 S7-200 系列 PLC 的基础知识及应用,以拓展学生的知识面。

本书可作为高职高专自动化类、机电类专业 PLC 课程的教材,中职、技校也可使用,同时还可作为自动化行业从业人员的培训教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 应用技术/郭琼主编. —北京:机械工业出版社,2009. 6

(全国高等职业教育规划教材)

ISBN 978-7-111-27131-4

I. P… II. 郭… III. 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(2009)第 075603 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

责任印制:杨曦

唐山丰电印务有限公司印刷

2009 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·12.5 印张·312 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-27131-4

定价:22.00 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 68993821

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

可编程序控制器（PLC）是一种以微型计算机为核心的通用工业控制器。从其产生到现在，PLC 的控制功能和应用领域不断拓展，实现了由单体设备的简单逻辑控制到运动控制、过程控制及集散控制等各种复杂控制任务的进步。现今的 PLC 在模拟量处理、数字运算、人机接口和工业控制网络等各个方面的能力都已大幅提高，已成为工业控制领域的主流控制设备之一。

“PLC 应用技术”是高职高专自动化类、机电类专业的主干课程。本书以培养应用型人才为出发点，从具体应用实例着手，制定相应学习目标，使学生在分析和解决实际问题的过程中，提高知识的应用能力。

本书是根据国家示范性高等职业院校建设项目的需要编写的。全书共分为 9 章。第 1 ~ 4 章为基础篇，以三菱产品为主线，介绍了 PLC 的基本原理、系统结构和指令系统，并对编程软件进行了介绍；第 5 ~ 8 章为应用篇，介绍了 PLC 系统设计和实现的方法，以及 PLC 模拟量控制、通信控制的应用；第 9 章为拓展篇，简单介绍了西门子 S7-200 系列 PLC 的硬件、基本指令及使用方法。

在重点、难点知识讲解后，配有“研讨与练习”环节，可帮助学生理解和掌握这些知识。各章节后还附有相应的实训指导和配套的习题。

本书由无锡职业技术学院郭琼主编，其中第 1、2、3 章由苏卫峰编写，第 4 章由李霞编写，第 5、6、7、8 章由郭琼编写，第 9 章由苏卫峰、郭琼编写。感谢姚晓宁、栗小宽等老师对本书的编写所给予的大力帮助和支持！

由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2008 年 12 月

目 录

出版说明	
前言	
第 1 章 PLC 基础	1
1.1 PLC 的产生与发展	1
1.2 PLC 的主要特点与应用领域	2
1.3 PLC 的分类与主要产品	3
1.4 PLC 的基本结构和工作原理	4
习题	6
第 2 章 FX _{2N} 系列 PLC 的硬件与编程元件	8
2.1 FX _{2N} 系列 PLC 的硬件	8
2.1.1 FX _{2N} 系列 PLC 的硬件结构	8
2.1.2 FX _{2N} 系列 PLC 的性能指标	13
2.2 FX _{2N} 系列 PLC 的外部接线	15
2.2.1 端子排	15
2.2.2 漏型输入和源型输入	17
2.2.3 漏型输出和源型输出	18
2.2.4 外部接线实例	18
2.3 FX _{2N} 系列 PLC 的编程元件	19
2.3.1 编程元件	19
2.3.2 寻址方式	23
2.3.3 数据格式	23
习题	24
第 3 章 FX _{2N} 系列 PLC 的指令系统	25
3.1 FX _{2N} 系列 PLC 的基本指令	25
3.1.1 常用指令	25
3.1.2 定时器指令	31
3.1.3 内部计数器指令	32
3.1.4 高速计数器指令	33
3.2 FX _{2N} 系列 PLC 的应用指令	36
3.2.1 应用指令的基本规则	36
3.2.2 程序控制指令	37
3.2.3 数据处理指令	40
3.2.4 转换指令	46
3.2.5 数学运算指令	47
3.2.6 高速处理指令	52
3.2.7 时钟运算指令	55
3.3 FX _{2N} 系列 PLC 的常用电路	58
3.3.1 用标准触点指令实现一个脉冲输出电路	58
3.3.2 用一个按钮产生启动和停止信号电路	58
3.3.3 分频电路	59
3.3.4 单稳态电路	59
3.3.5 延时电路	59
3.3.6 定时范围的扩展电路	60
3.3.7 计数器范围的扩展电路	61
3.3.8 闪烁电路	62
3.3.9 时序控制电路	63
3.4 实训项目	65
3.4.1 基本指令的编程实训	65
3.4.2 定时器/计数器实训	66
3.4.3 比较指令/移位指令实训	67
3.4.4 时钟运算指令实训	68
习题	69
第 4 章 FXGP/WIN-C 编程软件的使用	72
4.1 FXGP/WIN-C 主界面	72
4.1.1 PLC 程序上载	72
4.1.2 程序编辑菜单	73
4.2 程序的生成与下载	79
4.3 监控与调试	80
第 5 章 常用的程序设计方法	83
5.1 经验设计法	83
5.1.1 电动机正反转控制的实现	83
5.1.2 花样喷泉控制功能的实现	86
5.2 顺序控制设计法	90
5.2.1 液压动力滑台运动过程的实现	91
5.2.2 三台电动机顺序起停功能	

的实现	94	8.2 FX _{2N} 系列 PLC 控制系统实现	
5.3 实训项目	99	电动机的多段速度运行	137
5.3.1 电动机点动、连动复合控制功能		8.3 FX _{2N} 系列 PLC 控制系统实现	
的实现	99	步进电动机的控制	141
5.3.2 送料小车控制功能设计	99	8.4 FX _{2N} 系列 PLC 控制系统实现	
5.3.3 台车控制系统功能的实现	100	机械手的搬运功能	146
习题	101	8.5 实训项目	152
第6章 模拟量控制	103	8.5.1 电动机多段转速控制的实现	152
6.1 PLC 模拟量控制	103	8.5.2 利用 MCGS 组态软件实现对交通	
6.1.1 AD 单元	103	信号灯控制系统的监控	153
6.1.2 DA 单元	104	习题	155
6.2 PID 控制	105	第9章 S7-200 PLC 基础及应用	156
6.3 FX _{2N} PLC 模拟量控制在液位		9.1 S7-200 PLC 的硬件	156
控制系统中的应用	107	9.1.1 S7-200 PLC 的硬件结构	156
6.3.1 液位控制要求	107	9.1.2 S7-200 PLC 的外部接线	159
6.3.2 控制系统硬件配置及介绍	108	9.2 S7-200 PLC 的编程资源及	
6.3.3 程序的实现	115	常用指令	161
习题	117	9.2.1 S7-200 PLC 的编程资源	161
第7章 PLC 的通信	118	9.2.2 S7-200 PLC 的常用指令	163
7.1 通信方式	118	9.3 STEP 7-Micro/WIN 编程软件	
7.1.1 基本通信方式	118	的使用	175
7.1.2 串行通信分类	119	9.3.1 主界面	175
7.2 通信介质与通信接口	120	9.3.2 程序编辑	176
7.2.1 通信介质	120	9.3.3 程序的调试及监控	178
7.2.2 通信接口	120	9.4 S7-200 PLC 的基本应用	179
7.3 FX _{2N} 系列 PLC 的通信	121	9.4.1 电动机点动、连动复合控制	
7.3.1 PLC 与计算机的通信	121	系统设计	179
7.3.2 PLC 之间的通信	122	9.4.2 液体混合搅拌器控制功能	
7.3.3 CC-Link 现场总线模块	128	的实现	181
7.4 实训项目	134	9.4.3 闪烁电路在监控系统中	
7.4.1 认识通信模块	134	的应用	183
7.4.2 两台 PLC 的通信实现	134	9.4.4 PPI 通信协议的应用	184
习题	134	9.5 实训项目	188
第8章 综合实例	135	9.5.1 定时器/计数器实训	188
8.1 PLC 控制系统设计方法	135	9.5.2 条件跳转与中断程序实训	189
8.1.1 PLC 控制系统设计的基本		9.5.3 数学运算指令实训	190
原则	135	9.5.4 两台 PLC 的 PPI 通信	191
8.1.2 PLC 控制系统设计的步骤和		习题	191
内容	135	参考文献	194

第1章 PLC 基础

1.1 PLC 的产生与发展

在工业生产过程中，存在着大量的开关量顺序控制，它按照逻辑条件进行顺序动作，并按照逻辑关系进行连锁保护。传统上，这些功能是通过继电器 - 接触器控制系统来实现的。但由于传统的继电器 - 接触器控制系统存在着比较明显的缺点，如体积大、可靠性差、动作速度慢、接线复杂、功能少、难以实现比较复杂的控制，因此其通用性和灵活性显得相对较差。

1968 年，美国最大的汽车制造商——通用汽车公司（GM 公司）为了适应生产工艺不断更新的需要，提出要用一种新型的工业控制器取代继电器 - 接触器控制装置，并要求把计算机控制的优点（功能完备，灵活性、通用性好）和继电器 - 接触器控制的优点（简单易懂、使用方便、价格便宜）结合起来，设想将继电器 - 接触器控制的硬接线逻辑转变为计算机的软件逻辑编程，且要求编程简单，使得不熟悉计算机的人员也能很快掌握其使用技术。1969 年，美国数字设备公司（DEC 公司）研制出了第一台可编程序控制器，并在美国通用汽车公司的自动装配线上试用成功，取得满意的效果，可编程序控制器自此诞生。

早期的可编程序控制器称为（Programmable Logic Controller，可编程序逻辑控制器），简称 PLC，主要用于替代传统的继电器 - 接触器控制系统。随着 PLC 技术的不断发展和功能的日益丰富，1980 年，美国电气制造商协会（NEMA）给了它一个新的名称“Programmable Controller”，简称 PC。为了避免与个人计算机（Personal Computer，也简称为 PC）的简写名称混淆，仍沿用 PLC 表示可编程序控制器，但这并不意味 PLC 只具有逻辑功能。

可编程序控制器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而发展起来的一种新型、通用的自动控制装置。它是“专为在工业环境下应用而设计”的计算机。这种工业计算机采用“面向用户的指令”，因此编程方便。它能完成逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术操作，还具有“数字量或模拟量的输入/输出控制”等功能。

PLC 的定义有许多种，国际电工委员会（IEC）对 PLC 的定义是：可编程序控制器是一种专为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置。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，并通过数字的或模拟的输入和输出，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，易于扩展其功能的原则而设计。

20 世纪 80 年代至 90 年代中期，是 PLC 发展最快的时期，年增长率一直保持在 30% ~ 40%。在这个时期，PLC 在处理模拟量能力、数字运算能力、人机接口能力和网络能力等方面得到了大幅度提高，PLC 逐渐进入过程控制领域，在某些方面逐步取代了在过程控制领域

处于统治地位的 DCS 系统。目前，世界上有 200 多个厂家生产 300 多个品种的 PLC 产品，应用在汽车、粮食加工、化学、制药、金属、矿山和造纸等许多行业。

PLC 具有通用性强、使用方便、适应面广、可靠性高、抗干扰能力强和编程简单等特点，已成为当代工业自动化的主要支柱之一。

1.2 PLC 的主要特点与应用领域

1. PLC 的主要特点

(1) 抗干扰能力强、可靠性高

在工业现场存在着电磁干扰、电源波动、机械振动、温度和湿度的变化等因素，这些因素都影响着计算机的正常工作。而 PLC 从硬件和软件两个方面都采取了一系列的抗干扰措施。在硬件方面，PLC 采用大规模和超大规模的集成电路，采用了隔离、滤波、屏蔽、接地等抗干扰措施，并采取了耐热、防潮、防尘、抗震等措施；在软件上采用数字滤波等抗干扰和故障诊断措施。以上这些措施使 PLC 具有了很强的抗干扰能力和很高的可靠性。

(2) 控制系统结构简单、使用方便

在 PLC 控制系统中，只需在 PLC 的输入/输出端子上接入相应的信号线即可，不需要连接继电器之类的低压电器和大量复杂的硬件接线电路，大大简化了控制系统的结构。PLC 体积小、质量轻，安装与维护也极为方便。另外，PLC 的编程大多采用类似于继电器控制线路的梯形图形式，这种编程语言形象直观、容易掌握，编程非常方便。

(3) 功能强大、通用性好

PLC 内部有成百上千个可供用户使用的编程元件，具有很强的功能，可以实现非常复杂的控制功能。另外，PLC 的产品已经标准化、系列化、模块化，配备有品种齐全的各种硬件装置供用户使用，用户能灵活方便地进行系统配置，组成不同功能、不同规模的控制系統。

2. PLC 的应用领域

随着 PLC 技术的发展，PLC 的应用领域已经从最初的单机、逻辑控制，发展到能够联网的、功能丰富的控制。

(1) 逻辑控制

通过“与”、“或”、“非”等逻辑指令的组合，代替继电器进行组合逻辑控制、定时控制与顺序逻辑控制，这是 PLC 最初能完成的功能。例如印刷机、注塑机、组合机床、电镀流水线和电梯控制等。

(2) 运动控制

PLC 可以使用专用的运动控制模块，对步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴的位置进行控制。PLC 把描述位置的数据送给模块，其输出移动一轴或数轴到目标位置。每个轴移动时，位置控制模块保持适当的速度和加速度，确保运动平滑。例如各种机械、机床、机器人和电梯等应用场合。

(3) 过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等模拟量的闭环控制。对于温度、压力、流量等模拟量，PLC 提供了配套的模数 (A/D) 和数模 (D/A) 转换模块，使 PLC 可以很方便地处理

这些模拟量；PLC 还提供了 PID 功能指令，可以很方便地进行闭环控制，从而实现过程控制。过程控制在冶金、化工、热处理、锅炉控制等场合有着非常广泛的应用。

(4) 工业控制网络分级系统

PLC 能与计算机、PLC 及其他智能装置联成网络，使设备级的控制、生产线的控制、工厂管理层的控制连成一个整体，形成控制自动化与管理自动化的有机集成，从而创造更高的企业效益。

1.3 PLC 的分类与主要产品

1. PLC 的分类

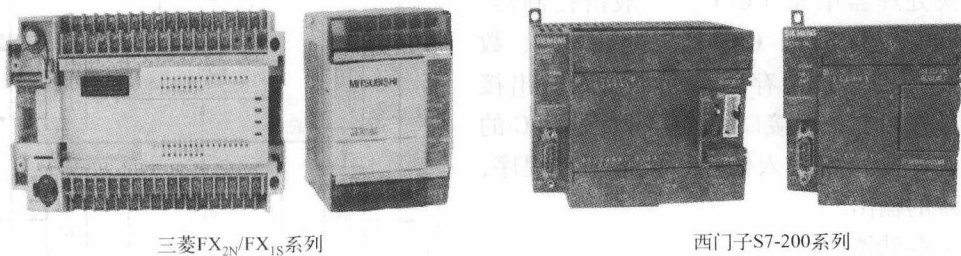
PLC 可以按以下两种方法来进行分类。

(1) 按 PLC 的点数分类

根据 PLC 可扩展的输入输出点数，可以将 PLC 分为小型、中型和大型三类。小型 PLC 的输入输出点数在 256 点以下；中型 PLC 的输入输出点数在 256 ~ 2048 个点；大型 PLC 的输入输出点数在 2048 点以上。

(2) 按 PLC 的结构分类

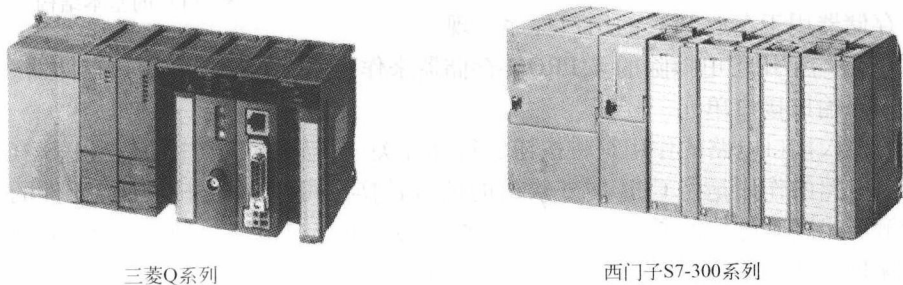
按 PLC 的结构分类，PLC 可分为整体式和模块式。整体式 PLC 将电源、CPU、存储器、I/O 系统都集中在一个小箱体内，小型 PLC 多为整体式 PLC，如图 1-1 所示；模块式 PLC 是按功能分成若干模块，如电源模块、CPU 模块、连接模块、输入模块、输出模块等，再根据系统要求，组合成不同的模块，形成不同用途的 PLC，大中型的 PLC 多为模块式 PLC，如图 1-2 所示。



三菱FX_{2N}/FX_{1S}系列

西门子S7-200系列

图 1-1 整体式 PLC



三菱Q系列

西门子S7-300系列

图 1-2 模块式 PLC

2. PLC 的主要产品

目前世界上生产 PLC 的厂家有 200 多家,比较著名的有美国的 AB、通用 (GE)、莫迪康 (MODICON),日本的三菱 (MITSUBISHI)、欧姆龙 (OMRON)、富士电机 (FUJI)、松下电工,德国的西门子 (SIEMENS),法国的 TE、施耐德 (SCHNEIDER),韩国的三星 (SUMSUNG) 与 LG 等。我国从 20 世纪 90 年代也开始生产 PLC。目前应用较广的 PLC 生产厂家的主要产品如表 1-1 所示。

表 1-1 目前应用较广的 PLC 生产厂家及主要产品

国家	公司	产品型号
美国	GE FANUC	90 TM -30 系列, 90 TM -70 系列
日本	三菱 MITSUBISHI	FX _{1S} , FX _{1N} , FX ₂ , FX _{2N} 系列, A 系列, Q 系列, AnS 系列
日本	欧姆龙 OMRON	C 系列, C200H, CPM1A, CQM1, CV 系列
德国	西门子 SIEMENS	S5 系列, S7-200, S7-300, S7-400 系列
法国	SCHNEIDER	Twido, Micro, Premume, Compaq 系列

1.4 PLC 的基本结构和工作原理

1. PLC 的基本结构

各种 PLC 的组成结构基本相同,主要由 CPU、电源、存储器和输入输出接口电路等组成。PLC 的基本结构如图 1-3 所示。

(1) 中央处理器单元 (CPU)

中央处理器单元 (CPU) 一般由控制器、运算器和寄存器组成。CPU 通过地址总线、数据总线、控制总线与存储单元、输入输出接口、通信接口、扩展接口相连。CPU 是 PLC 的核心,它不断采集输入信号,执行用户程序,刷新系统的输出。

(2) 存储器

PLC 的存储器包括系统存储器和用户存储器两种。系统存储器用于存放 PLC 的系统程序,用户存储器用于存放 PLC 的用户程序。现在的 PLC 一般均采用可电擦除的 E²PROM 存储器来作为系统存储器和用户存储器。

(3) 输入输出接口单元

PLC 的输入接口电路的作用是将按钮、行程开关或传感器等产生的信号送入 CPU; PLC 的输出接口电路的作用是将 CPU 向外输出的信号转换成可以驱动外部执行元件的信号,以便控制接触器线圈等电器的通、断电。PLC 的输入输出接口电路一般采用光耦合隔离技术,可有效地保护内部电路。

1) 输入接口电路

PLC 的输入接口电路可分为直流输入电路和交流输入电路。直流输入电路的延迟时间比

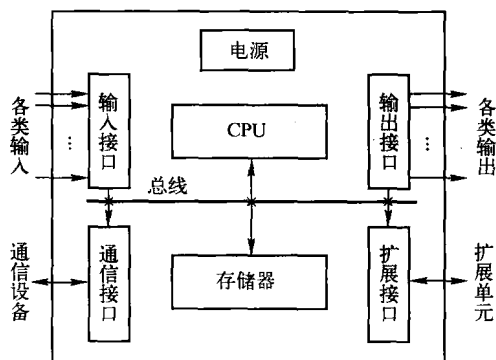


图 1-3 PLC 的基本结构

较短，可以直接与接近开关、光电开关等电子输入装置连接；交流输入电路适用于在有油雾、粉尘的恶劣环境下使用。

直流输入电路如图 1-4 所示，图中只画出了一路直流输入电路，方框内为 PLC 输入内部电路，方框外为外部信号输入电路。当外部开关接通时，输入信号为“1”，直流 24 V 经限流电阻、RC 滤波电路和光耦合电路后送给 PLC 内部。

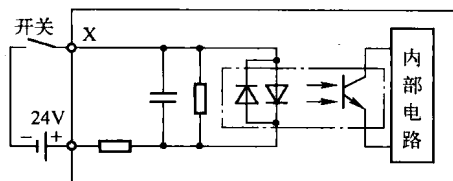


图 1-4 直流输入电路

交流输入电路与直流输入电路类似，外接的输入电源改为 220 V 交流电源。

2) 输出接口电路

输出接口电路通常有 3 种类型：继电器输出型、晶体管输出型和晶闸管输出型。

继电器输出的优点是电压范围宽、导通压降小、价格便宜，既可以控制直流负载，也可以控制交流负载；缺点是触点寿命短，转换频率低。

晶体管输出的优点是寿命长、无噪声、可靠性高，转换频率快，可驱动直流负载；缺点是价格高，过载能力较差。

晶闸管输出的优点是寿命长、无噪声、可靠性高，可驱动交流负载；缺点是价格高，过载能力较差。

继电器输出电路如图 1-5 所示，图中只画出了一路继电器输出电路，方框内为 PLC 输出接口内部电路，方框外为外部负载控制电路。当输出为“1”时，内部继电器触点闭合，外部控制电路导通，负载开始动作。

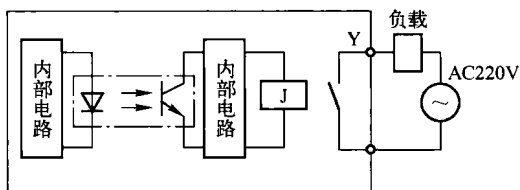


图 1-5 继电器输出电路

晶体管输出型、晶闸管输出型和继电器输出型的输出电路类似，只是用晶体管或晶闸管代替继电器来控制外部负载。

(4) 扩展接口和通信接口

PLC 的扩展接口的作用是将扩展单元和功能模块与基本单元相连，使 PLC 的配置更加灵活，以满足不同控制系统的需要；通信接口的功能是通过这些通信接口可以和监视器、打印机、其他的 PLC 或是计算机相连，从而实现“人-机”或“机-机”之间的对话。

(5) 电源

PLC 一般使用 220 V 交流电源或 24 V 直流电源，内部的开关电源为 PLC 的中央处理器、存储器等电路提供 5 V、12 V、24 V 直流电源，使 PLC 能正常工作。

2. PLC 的工作原理

PLC 有两种工作方式，即 RUN（运行）方式和 STOP（停止）模式。在 RUN 方式中，CPU 才执行用户程序，并输出运算结果；在 STOP 方式中，CPU 不执行用户程序，但可将用户程序和硬件设置信息下载到 PLC 中去。

PLC 控制系统与继电器控制系统在运行方式上存在着本质的区别。继电器控制系统的逻辑采用的是并行运行的方式，即如果一个继电器的线圈通电或者断电，该继电器的所有触点都会立即动作；而 PLC 的逻辑是 CPU 逐行扫描执行用户程序来实现的，即如果一个逻辑线圈接通或断开，该线圈的所有触点并不会立即动作，必须等到扫描执行到该触点时才会

动作。

一般来说，当 PLC 运行后，其工作过程可分为输入采样阶段、程序执行阶段和输出刷新阶段。完成上述 3 个阶段即称为一个扫描周期。在整个运行期间，PLC 的 CPU 以一定的扫描速度重复执行上述 3 个阶段。

PLC 的扫描工作过程如图 1-6 所示。图中，输入映像寄存器是指在 PLC 的存储器中设置一块用来存放输入信号的存储区域，而输出映像寄存器是用来存放输出信号的存储区域；元件映像存储器是包括输入和输出映像寄存器在内的所有 PLC 梯形图中的编程元件的映像存储区域的统称。

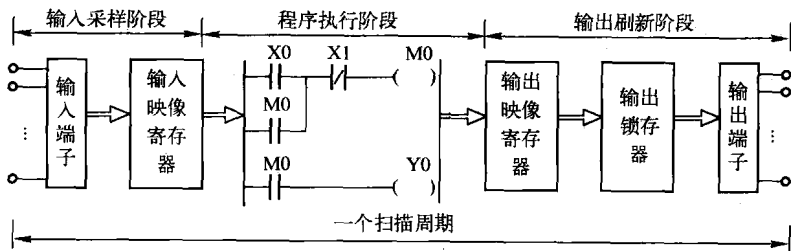


图 1-6 PLC 的扫描工作过程

(1) 输入采样阶段

PLC 将各输入状态存入对应的输入映像寄存器中，此时，输入映像寄存器被刷新，接着进入程序执行阶段。在程序执行阶段或输出刷新阶段，输入元件映像寄存器与外界隔绝，无论输入端子信号怎么变化，其内容保持不变，直到下一个扫描周期的输入采样阶段才将输入端子的新内容重新写入。

(2) 程序执行阶段

PLC 根据最新读入的输入信号，以先左后右、先上后下的顺序逐行扫描，执行一次程序。结果存入元件映像寄存器中。对于元件映像寄存器，每个元件（除输入映像寄存器之外）的状态会随着程序的执行而变化。

(3) 输出刷新阶段

在所有指令执行完毕后，输出映像寄存器中所有输出继电器的状态（“1”或“0”）在输出刷新阶段转存到输出锁存器中，通过一定的方式输出驱动外部负载。

习题

- 1.1 PLC 产生的原因是什么？它大致经历了哪几个发展阶段？
- 1.2 PLC 具有哪些功能特点？主要应用在哪些方面？
- 1.3 PLC 与工业 PC、DCS 的主要区别有哪些？
- 1.4 PLC 按 I/O 点数和结构形式可分为几类？
- 1.5 整体式 PLC 与模块式 PLC 各有什么特点？
- 1.6 三菱公司主要的 PLC 产品有哪些？西门子公司主要的 PLC 产品有哪些？
- 1.7 PLC 主要由_____、_____、_____和_____组成。

- 1.8 PLC 按硬件结构分为_____和_____两种。
- 1.9 PLC 开关量输出模块一般有_____、_____和_____等几种类型，其中_____既可驱动交流负载又可驱动直流负载。
- 1.10 PLC 常用的存储器有_____、_____、_____。其中_____和_____用来存放用户程序，_____用来存放系统程序。
- 1.11 PLC 控制系统与继电器控制系统在运行方式上有何不同？
- 1.12 简述 PLC 的扫描工作过程。

第2章 FX_{2N}系列 PLC 的硬件与编程元件

2.1 FX_{2N}系列 PLC 的硬件

FX 系列 PLC 的型号名称可按如下格式定义：

FX □□-□□□□-□
 ① ② ③ ④ ⑤

- ① 子系列名称，如 1S、1N、1NC、2N、2NC 等。
- ② 输入输出的总点数。
- ③ 单元类型：M 为基本单元，E 为输入输出混合扩展单元与扩展模块，EX 为输入专用扩展模块，EY 为输出专用扩展模块。
- ④ 输出形式：R 为继电器输出，T 为晶体管输出，S 为双向晶闸管输出（或称为可控硅输出）。
- ⑤ 其他定义：D 表示 DC 电源，DC 输入；UA1/UL 表示 AC 电源，AC 输入；001 表示专为中国推出的产品。如果“其他定义”这一项无符号，则表示为 AC 电源，DC 输入。

例如型号为 FX_{2N}-48MR-D 的 PLC 表示该 PLC 属于 FX_{2N} 系列，是具有 48 个 I/O 点的基本单元，继电器输出型，使用 DC24V 电源。

FX_{2N} 系列 PLC 是三菱公司 FX 系列中性能优越的小型 PLC，除输入输出 16~256 点的独立用途外，还可以适用于多个基本组件间的连接、运动控制、闭环控制等特殊用途，是一套可以满足广泛需要的、性价比很高的 PLC。

2.1.1 FX_{2N}系列 PLC 的硬件结构

FX_{2N} PLC 的硬件结构系统可以分为硬件基本单元、扩展单元、扩展模块、特殊功能模块和相关辅助设备。

1. 基本单元

基本单元即主机或本机。它包括 CPU、存储器、基本输入/输出点和电源等，是 PLC 的主要部分。它实际上是一个完整的控制系统，可以独立完成一定的控制任务。

FX_{2N} 基本单元有 16/32/48/64/80/128 个 I/O 点，如表 2-1 所示，其外形结构如图 2-1 所示。这些基本单元也可以通过采用扩展单元或模块扩充到 256 个 I/O 点。

表 2-1 FX_{2N}基本单元

型 号			输入 点数	输出 点数	输入输出总点数
继电器输出	晶闸管输出	晶体管输出			
FX _{2N} -16MR-001	FX _{2N} -16MS-001	FX _{2N} -16MT-001	8	8	16
FX _{2N} -32MR-001	FX _{2N} -32MS-001	FX _{2N} -32MT-001	16	16	32

(续)

型 号			输入 点数	输出 点数	输入输出总点数
继电器输出	晶闸管输出	晶体管输出			
FX _{2N} -48MR-001	FX _{2N} -48MS-001	FX _{2N} -48MT-001	24	24	48
FX _{2N} -64MR-001	FX _{2N} -64MS-001	FX _{2N} -64MT-001	32	32	64
FX _{2N} -80MR-001	FX _{2N} -80MS-001	FX _{2N} -80MT-001	40	40	80
FX _{2N} -128MR-001	-	FX _{2N} -128MT-001	64	64	128

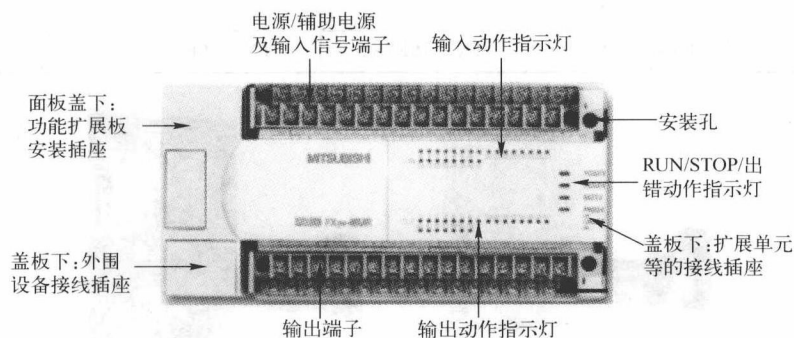


图 2-1 FX_{2N}-48MR 的外形图

2. 扩展单元

扩展单元由内部电源、内部输入输出电路组成，需要和基本单元一起使用。在基本单元的 I/O 点数不够时，可采用扩展单元来扩展 I/O 点数。FX_{2N} 系列 PLC 的扩展单元如表 2-2 所示，其外形结构如图 2-2 所示。

表 2-2 FX_{2N} 系列 PLC 扩展单元

型 号			输入点数	输出点数	输入输出总点数
继电器输出	晶闸管输出	晶体管输出			
FX _{2N} -32ER	FX _{2N} -32ES	FX _{2N} -32ET	16	16	32
FX _{2N} -48ER	-	FX _{2N} -48ET	24	24	48

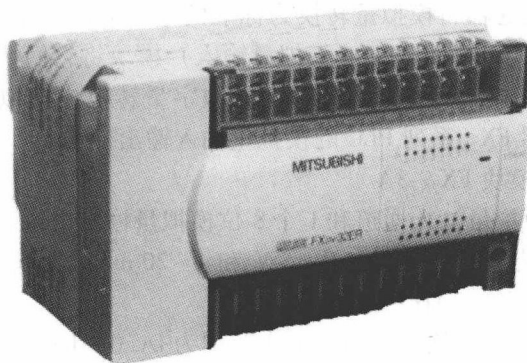


图 2-2 FX_{2N}-32ER 外形图

3. 扩展模块

扩展模块由内部输入输出电路组成，自身不带电源，由基本单元、扩展单元供电，需要和基本单元一起使用。在基本单元的 I/O 点数不够时，可采用扩展模块来扩展 I/O 点数。FX_{2N}系列 PLC 常用的扩展模块如表 2-3 所示，其外形图如图 2-3 所示。

表 2-3 FX_{2N}系列 PLC 常用的扩展模块

型 号				输入点数	输出点数
输入模块	继电器输出模块	晶闸管输出模块	晶体管输出模块		
FX _{2N} -16EX	—		—	16	—
—	FX _{2N} -16EYR	FX _{2N} -16EYS	FX _{2N} -16EYT	—	16

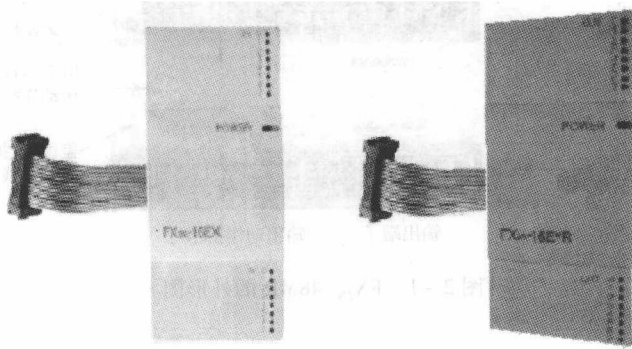


图 2-3 FX_{2N}-16EX/FX_{2N}-16EYR 的外形图

4. 特殊功能模块

FX_{2N}系列 PLC 提供了各种特殊功能模块，当需要完成某些特殊功能的控制任务时，就需要用到特殊功能模块。

(1) 模拟量输入输出模块

在工业控制中，需要经常处理模拟量输入信号（例如压力、温度、流量、转速等），且某些执行机构（例如电动调节阀和变频器等）又需要 PLC 输出模拟量信号进行控制；但 PLC 只能处理数字量，因此在 PLC 需要处理模拟量时，我们需要采用相应的模拟量扩展模块。首先通过传感器和变送器将模拟量转换为标准的电流或电压信号，例如 DC 4 ~ 20 mA，DC 0 ~ 5 V，DC 0 ~ 10 V，PLC 用 A/D（模拟量输入）模块将它们转换成数字量再由 PLC 进行处理，D/A（模拟量输出）模块将 PLC 输出的数字量转换成模拟电压或电流，再去控制执行机构。下面简单介绍 FX_{2N}系列 PLC 的模拟量输入输出模块。

1) 模拟量输入输出模块 FX_{2N}-3A

该模块有 2 个 8 位模拟量输入通道和 1 个 8 位模拟量输出通道。输入范围为 DC 0 ~ 10 V 和 4 ~ 20 mA，输出范围为 DC 0 ~ 10 V、0 ~ 5 V 和 4 ~ 20 mA。在程序中占用 8 个 I/O 点。

2) 模拟量输入模块 FX_{2N}-2AD

该模块有 2 个 12 位模拟量输入通道，输入范围为 DC 0 ~ 10 V、0 ~ 5 V 和 4 ~ 20 mA。转换速度为 2.5 ms/通道。在程序中占用 8 个 I/O 点。

3) 模拟量输入模块 FX_{2N}-4AD