

深入浅出自动化技术系列书

深入浅出 三菱FX系列PLC 技术及应用实例

郭丙君 编著



通俗易懂
由浅入深
循序渐进

- 从单台PLC到PLC网络
- 从指令学习到利用计算机编制PLC应用软件
- 讲述PLC的工作原理、硬件结构、编程元件及指令系统
- 教会读者各种PLC程序设计方法，给出大量的编程应用实例



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

深入浅出自动化技术系列书

深入浅出 三菱FX系列PLC 技术及应用实例

州大学图书馆
藏书章



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书系统地介绍了 PLC 的基本组成、工作原理及其应用技术。并以三菱公司的 FX2N 系列 PLC 为例,深入介绍了 PLC 的组成与工作原理、编程元件和 I/O 系统、特殊功能 I/O 模块及其应用、编程语言和指令系统、编程方法、编程软件和仿真软件、PLC 的网络与通信技术、PLC 控制系统的设计与应用等内容。并用较多的实例进一步说明上述内容的应用方法。

本书可作为电气工程、机电一体化和应用电子等相关专业本科学生的教材,也可作为各类成人高校 PLC 课程教材,还可供使用 PLC 的相关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

深入浅出三菱 FX 系列 PLC 技术及应用实例/郭丙君编著. —北京:中国电力出版社,2010.7

(深入浅出自动化技术系列书)

ISBN 978-7-5123-0271-6

I. ①深… II. ①郭… III. ①可编程序控制器-程序设计
IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 059174 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 8 月第一版 2010 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.125 印张 272 千字

印数 0001—3000 册 定价 28.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前 言

可编程序控制器 (PLC) 自 20 世纪 70 年代诞生以来, 得到了迅速地发展, 在各行各业都得到了广泛的应用。它综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术, 是一种新型的、通用的自动控制装置。它以功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于编程和适应在工业环境下应用等一系列优点, 成为现代工业控制的三大支柱之一。目前 PLC 在我国的应用相当广泛, 尤其是小型 PLC, 采用类似继电器逻辑的过程操作语言, 使用十分方便, 备受电气工程技术人员的欢迎。

近年来 PLC 的新产品、新技术不断涌现, 为了适应这种情况, 使读者尽快地了解并掌握这些新技术, 并将其应用于实践中去, 本书将系统地介绍 PLC 的工作原理、特点与硬件结构, 以较新型和目前广泛使用的三菱公司的 FX2N 系列 PLC 为例, 介绍了 PLC 的编程元件与指令系统、各种 PLC 程序设计方法、常用基本环节编程、PLC 的联网通信、PLC 控制系统的设计与调试方法以及 PLC 的应用实例, 另外介绍了 FX2N 系列 PLC 的编程软件和仿真软件应用。

本书通俗易懂, 由浅入深。从单台 PLC 过渡到 PLC 网络, 从指令学习过渡到利用计算机编制 PLC 应用软件, 使得读者将硬件和软件结合在一起, 循序渐进。

本书可作为电气工程、机电一体化和应用电子等相关专业本科学生的教材, 也作为各类成人高校 PLC 课程教材。对于应用 PLC 的工程技术人员也是一本实用的参考书。

由于编者水平有限, 加之时间仓促, 书中难免存在不当和谬误之处, 恳请有关专家和广大读者不吝赐教。

编 者

2010 年 3 月

目 录

前言	
第一章 可编程控制器概述	1
第一节 可编程控制器的定义	1
第二节 可编程控制器的历史与发展	1
第三节 可编程控制器的特点及应用	3
习题	6
第二章 可编程控制器的硬件、软件及工作原理	7
第一节 可编程控制器的硬件及结构	7
第二节 可编程控制器的编程语言	11
第三节 可编程控制器的工作原理	12
第四节 可编程控制器的主要性能指标	14
习题	15
第三章 FX2N 系列可编程控制器及其基本指令的应用	16
第一节 FX2N 系列可编程控制器	16
第二节 FX2N 系列可编程控制器主要编程元件	17
第三节 FX2N 系列可编程控制器基本指令	25
第四节 常用基本环节编程	33
习题	40
第四章 FX2N 系列可编程控制器步进指令及状态编程法	43
第一节 步进指令	43
第二节 步进指令的应用	46
习题	56
第五章 FX2N 系列可编程控制器功能指令	58
第一节 FX2N 系列可编程控制器功能指令的类型及使用要素	58
第二节 程序流向控制指令及应用	60
第三节 传送、比较指令及应用	67
第四节 算术运算与字逻辑运算	72
第五节 循环移位与移位指令	75
第六节 程序设计举例（子程序调用彩灯控制）	78

第七节 外部 I/O 设备指令	79
习题	81
第六章 FX2N 系列可编程控制器编程软件和仿真软件使用	83
第一节 指令编程器的功能及应用	83
第二节 三菱 GX Developer 编程软件	98
第三节 三菱仿真软件	103
习题	107
第七章 FX2N 系列可编程控制器特殊功能模块简介	108
第一节 特殊功能模块概述	108
第二节 A/D 转换模块	109
第三节 D/A 转换模块	119
第四节 A/D、D/A 转换一体化模块 FX0N-3A	126
习题	128
第八章 FX2N 系列可编程控制器通信技术	129
第一节 可编程控制器与计算机通信	129
第二节 三菱 PLC 网络	140
习题	143
第九章 可编程控制系统设计与应用实例	144
第一节 PLC 应用系统软件设计与开发的过程	144
第二节 应用软件设计的内容	145
第三节 PLC 程序设计的常用方法	149
第四节 PLC 程序设计步骤	154
第五节 PLC 应用系统设计的内容和步骤	156
第六节 PLC 应用系统的硬件设计	159
第七节 PLC 在运料小车控制系统中的应用	164
第八节 PLC 在金属切削加工机床中的应用	169
第九节 PLC 在注塑机控制中的应用	176
第十节 PLC 在随动控制系统中的应用	180
习题	183
附录 A FX2N 系列可编程控制器主要技术指标	184
附录 B FX2N 系列可编程控制器的特殊软元件	187
附录 C FX2N 系列可编程控制器功能指令总表	195
参考文献	204

可编程控制器概述

第一节 可编程控制器的定义

20 世纪 60 年代中期,美国通用汽车公司为了适应生产工艺不断更新的需要,提出了一种设想:把计算机的功能完善、通用灵活等优点和继电-接触器控制系统的简单易懂、操作方便、价格低廉等优点结合起来,制造出一种新型的工业控制装置,并提出了新型电气控制装置的 10 条招标要求。其中包括:工作特性比继电-接触器控制系统可靠;占位空间比继电-接触器控制系统小;价格上能与继电-接触器控制系统竞争;必须易于编程;易于在现场变更程序;便于使用、维护、维修;能直接推动电磁阀、接触器及与之相当的执行机构;能向中央数据处理系统直接传输数据等。美国数字设备公司(DEC)根据这一招标要求,于 1969 年研制成功了第一台可编程序制器 PDP-14,并在汽车自动装配线上试用成功。

这项技术的应用,在工业界产生了巨大的影响,从此可编程控制器在世界各地迅速发展起来。1971 年,日本从美国引进了这项新技术,并很快成功研制了日本第一台可编程控制器。1973~1974 年,德国、法国也相继研制成功了本国的可编程控制器。我国从 1974 年开始研制,1977 年研制成功了以一个微处理器 MC14500 为核心的可编程控制器,并开始应用于工业生产控制。

从第一台 PLC 诞生至今,PLC 大致经历了 4 次更新换代。第一代 PLC,多数为 1 位机开发,采用磁心存储器存储,仅具有逻辑控制、定时、计数功能。第二代 PLC 使用了 8 位处理器及半导体存储器,其产品逐步系列化,功能也有所增强,已能实现数字运算、传送、比较等功能。第三代 PLC 采用了高性能微处理器及位片式 CPU (Central Processing Unit),工作速度大幅度提高,促使其向多功能和联网方向发展,并具有较强的自诊断能力。第四代 PLC 不仅全面使用 16 位、32 位微处理器作为 CPU,内存容量也更大,可以直接用于一些较大规模的复杂控制系统。程序语言除了使用传统的梯形图、流程图等外,还可使用高级语言。外部设备也更加多样化。

现在,PLC 广泛应用于工业控制的各个领域,PLC 技术、机器人技术、CAD/CAN 技术共同构成了工业自动化的三大支柱。本书将以应用较广泛的日本三菱公司 FX2N 系列为背景,介绍 PLC 的原理及应用技术。

第二节 可编程控制器的历史与发展

随着应用领域日益扩大,PLC 技术及其产品仍在继续发展,其结构不断改进,功



能日益增强,性能价格比越来越高。

1. PLC在功能和技术指标方面的发展

主要表现在以下几方面:

(1) 向高速、大容量方向发展。随着人们对复杂系统控制要求越来越高和微处理器与微型计算机技术的发展,对可编程控制器的信息处理与响应速度要求越来越高,用户存储容量也越来越大,例如有的PLC产品扫描速度可达到 $0.1\mu\text{s}/\text{步}$,用户程序存储容量可达几十兆字节。

(2) 加强联网和通信能力。PLC网络控制是当前控制系统和PLC技术发展的潮流。PLC与PLC之间的联网通信、PLC与上位计算机的联网通信已得到广泛应用。各种PLC生产厂家都在发展自身专用的通信模块和通信软件,以加强PLC的联网能力。生产厂家之间也在协议制订通用的通信标准,以构成更大的网络系统。目前几乎所有PLC生产厂家都宣布自己的PLC产品能与通用局域网MAP相连,PLC已成为集散控制系统(DCS)不可缺少的重要组成部分。

(3) 致力于开发新型智能I/O(输入/输出)功能模块。智能I/O模块是以微处理器为核心的功能部件,是一种多CPU系统,它与主机CPU并行工作,占用主CPU的时间很少,有利于提高PLC系统的运行速度、信息处理速度和控制功能。专用的I/O功能模块还能满足某些特定控制对象的特殊控制需求。

(4) 增强外部故障的检测与处理能力。根据统计分析,在PLC控制系统的故障中,CPU占5%,I/O通道占15%,传感器占45%,执行器件占30%,线路占5%。前两项共20%的故障属于PLC本身原因,它可以通过CPU本身的硬、软件检测、处理,而其余80%的故障属于PLC外部故障,无法通过自诊断检测处理。因此,各厂商都在发展专用于检测外部故障的专用智能模块,以进一步提高系统的可靠性。

(5) 编程语言的多样化。多种编程语言的并存、互补与发展是PLC软件进步的一种趋势。梯形图语言虽然方便、直观、易学易懂,但主要适用于逻辑控制领域。为适应各种控制需要,目前已出现许多编程语言,如面向顺序控制的步进顺控语句、面向过程控制的流程图语言、与计算机兼容的高级语言(汇编、BASIC、C语言等),还有布尔逻辑语言等。

2. 在经济指标与产品类型方面的发展

(1) 研制大型PLC。大型PLC的特点是系统庞大、技术完善、功能强、价格昂贵、需求量小。

(2) 大力发展简易、经济的小型、微型PLC。简易、小型与微型PLC适应单机及小型自动控制的需要,其特点是品种规格多、应用面广、需求量大、价格便宜。

(3) 致力于提高功能价格比。



第三节 可编程控制器的特点及应用

PLC之所以高速发展,除了工业自动化的客观需要外,还有许多适合工业控制的独特的优点,它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,以下是其主要特点。

1. 可靠性高、抗干扰能力强

PLC是专为工业控制而设计的,可靠性好、抗干扰能力强是其最重要的特点之一。PLC的平均故障间隔时间可达几十万小时。

一般由程序控制的数字电子设备产生的故障有两种:①由于外界恶劣环境,如电磁干扰、超高温、过电压、欠电压等引起的未损坏系统硬件的暂时性故障,称为软故障;②由于多种因素导致硬件损坏而引起的故障,称为硬故障。

PLC的循环扫描工作方式能在很大程度上减少软故障的发生。一些高档PLC采用双CPU模板(俗称双机)并行工作,即使有一个模板出现故障,系统也能正常工作,同时可修复或更换故障CPU模板。例如:欧姆龙公司的C2000HPLC的双机系统在环境极为苛刻而又非常重要的控制中,提供了完全的热备冗余。双机系统中的第二个CPU与一个可靠的切换单元连在一起,而这个切换单元能完成真正的无扰动切换,使控制可平缓地转到第二个CPU上。除此以外,PLC采用了如下一系列的硬件和软件的抗干扰措施:

(1) 硬件方面。隔离是抗干扰的主要手段之一。在微处理器与I/O电路之间,采用光隔离措施,有效地抑制了外部干扰源对PLC的影响,同时还可以防止外部高电压进入模板。滤波是抗干扰的又一主要措施。对供电系统及输入线路采用多种形式的滤波,可消除或抑制高频干扰。用良好的导电、导磁材料屏蔽CPU等主要部件可减弱空间电磁干扰。此外,对有些模板还设置了联锁保护、自诊断电路等。

(2) 软件方面。

1) 设置故障检测与诊断程序。PLC在每一次循环扫描过程的内部处理期间,检测系统硬件是否正常,锂电池电压是否过低,外部环境是否正常,如断电、欠电压等。

2) 设置状态信息保存功能。当软故障条件出现时,立即把现状态重要信息存入指定存储器,软、硬件配合封闭存储器,禁止对存储器进行任何不稳定的读/写操作,以防存储信息被冲掉。这样,一旦外界环境正常后,便可恢复到故障发生前的状态,继续原来的程序工作。

由于采取了以上抗干扰措施,PLC的可靠件、抗干扰能力大大提高,可以承受幅值为1000V,时间为1ns、脉冲宽度为1μs的干扰脉冲。

2. 编程简单、易于掌握

这是PLC的又一重要特点。考虑到企业中一般电气技术人员和技术工人的读图习

惯和应用微型计算机的实际水平,目前大多数的 PLC 采用类似于继电-接触器控制系统的梯形图编程方式,这是一种面向生产、面向用户的编程方式,与常用的计算机语言相比,更容易被操作人员所接受并掌握。通过阅读 PLC 的使用手册或短期培训,电气技术人员可以很快熟悉梯形图语言,并用来编制一般的用户程序。

3. 设计、安装容易,维护工作量少

由于 PLC 已实现了产品的系列化、标准化和通用化,因此用 PLC 组成的控制系统,在设计、安装、调试和维护等方面,表现出了明显的优越性。设计部门可在规格繁多、品种齐全的系列 PLC 产品中,选出高性能价格比的产品。PLC 用软件功能取代了继电-接触器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件,使控制柜的设计、安装接线工作量大大减少,PLC 的用户程序大部分可以在实验室中进行模拟调试,用模拟试验开关代替输入信号,可以通过 PLC 上的发光二极管指示得知其输出状态。模拟调试好后再将 PLC 控制系统安装到生产现场,进行联机调试,既安全又快捷方便。这就大大缩短了应用设计和调试周期,特别是在老厂控制系统的技术改造中更能发挥其优势。在用户维修方面,由于 PLC 本身的故障率极低,因此维修工作量很小。并且 PLC 有完善的自诊断和显示功能,当 PLC 或外部的输入装置和执行机构发生故障时,可以根据 PLC 上的发光二极管或在线编程器上提供的信息迅速地查明原因,如果是 PLC 本身的故障,可以用更换模板的方法迅速排除,因此维修极为方便。

4. 功能强、通用性好

现代 PLC 运用了计算机、电子技术和集成工艺的最新技术,在硬件和软件两方面不断发展,使其具备很强的信息处理能力和输出控制能力。适应各种控制需要的智能 I/O 功能模块,如温度模块、高速计数、高速模拟量转换模块、远程 I/O 功能模块及各种通信模块等不断涌现。PLC 与 PLC、PLC 与上位计算机的通信与联网功能不断提高,使现代 PLC 不仅具有逻辑运算、定时、计数、步进等功能,而且还能完成 A/D、D/A 转换、数字运算和数据处理以及通信联网、生产过程监控等。因此,它既可对开关量进行控制,又可对模拟量进行控制;既可控制一台单机、一条生产线,又可控制一个机群、多条生产线;既可现场控制,又可远距离控制;既可控制简单系统,又可控制复杂系统,其控制规模和应用领域不断扩大。

编程语言的多样化,以软件取代硬件控制的可编程序使 PLC 成为工业控制中应用最广泛的一种通用标准化、系列控制器。同一台 PLC 可适用于不同的控制对象的不同控制要求。同一档次、不同机型的功能也能方便地相互转换。

5. 开发周期短,成功率高

大多数工业控制装置的开发研制包括机械、液压、气动、电气控制等部分,需要一定的研制时间,也存在着各种困难与风险,大量实践证明,采用以 PLC 为核心的控制方式具有开发周期短、风险小和成功率高的优点。其主要原因:①只需正确、合理选用各种模块组成系统而无需大量硬件配置和管理软件的二次开发;②PLC 采用软件控制方



式,控制系统一旦构成便可在机械装置研制之前根据技术要求独立进行应用程序开发,并可以方便地通过模拟调试反复修改直至达到系统要求,保证最终配套连机调试的一次成功。

6. 体积小、重量轻、功耗低

由于 PLC 采用了半导体集成电路,其体积小、重量轻、结构紧凑、功耗低,因此是机电一体化的理想控制器。例如:日本三菱公司生产的 FX2-40 M 小型 PLC 内有供编程使用的各类软继电器 1540 个、状态器 1000 个、定时器 256 个、计数器 235 个,还有大量用以生成用户环境的数据寄存器(多达 50 000 个以上),而其外形尺寸仅为 35mm×92mm×87mm、重量仅为 1.5kg。该公司最新推出的 FX2N 增强功能小型 PLC 内,供编程使用的各类软继电器达 3564 个、状态器 1000 个、定时器 256 个、数据寄存器 8766 个,而其体积仅为 FX2 的一半,常规的继电器控制柜是根本无法与之相比的。

目前,PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、石油、化工、电力、建材、机械制造、汽车、轻纺、交通运输、环保以及文化娱乐等各行各业。随着 PLC 性能价格比的不断提高,其应用范围不断扩大,大致可归结为如下几类。

1. 开关量的逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域,它取代传统的继电-接触器控制系统,实现逻辑控制、顺序控制,可用于单机控制、多机群控制、自动化生产线的控制等,例如注塑机、印刷机械、包装机械、切纸机械、组合机床、磨床、包括生产线、电镀流水线等。

2. 位置控制

目前大多数的 PLC 厂商都提供拖动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置控制模板。这一功能可广泛用于各种机械,如金属切削机床,金属成形机床,装配机械、机器人和电梯等。

3. 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 模板,实现模拟量与数字量之间的 A/D、D/A 转换,并对模拟量进行闭环 PID (Proportional-Integral-Derivative) 控制。现代的大、中型 PLC 一般都有闭环 PID 控制功能。这一功能可用 PID 子程序来实现,也可用专用的智能 PID 模板实现。

4. 数据处理

现代的 PLC 具有数学运算(包括矩阵运算、函数运算、逻辑运算)、数据传递、转换、排序和查表、位操作等功能,也能完成数据的采集、分析和处理。这些数据可通过通信接口传送到其他智能装置,如计算机数值控制(CNC)设备,进行处理。

5. 通信联网

PLC 的通信包括 PLC 相互之间、PLC 与上位机、PLC 与其智能设备间的通信。PLC 系统与通用计算机可以直接通过通信处理单元、通信转接器相连构成网络,以实



现信息的交换,并可构成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统,满足工厂自动化(FA)系统发展的需要。各PLC系统过程I/O模板按功能各自放置在生产现场分散控制,然后采用网络连接构成信息集中管理的分布式网络系统。

6. 在计算机集成制造系统(CIMS)中的应用

近年来,计算机集成制造系统广泛应用于生产过程中。一般的CIMS系统多采用3~6控制结构(如德国的MTV公司的CIMS系统采用3级结构):

第一级为现场级,包括各种设备,如传感器和各种电力、电子、液压和气动执行机构生产工艺参数的检测。

第二级为设备控制级,它接收各种参数的检测信号,按照要求的控制规律实现各种操作控制。

第三级为过程控制级,完成各种数学模型的建立,过程数据的采集处理。

以上三级属于生产控制级,也称为EIC综合控制系统。EIC综合控制系统是一种先进的工业过程自动化系统,它包括3个方面的内容:电气控制,以电动机控制为主,包括各种工业过程参数的检测和处理;仪表控制,实现以PID为代表的各种回路控制功能,包括各种工业过程参数的检测和处理;计算机系统,实现各种模型的计算、参数的设定、过程的显示和各种操作运行管理。PLC就是实现EIC综合控制系统的整机设备,由此可见,PLC在现代工业中的地位是十分重要的。

习 题

- 1-1 什么是可编程控制器(PLC)?
- 1-2 可编程控制器的发展方向是什么?
- 1-3 在工业控制中,PLC主要应用在哪些方面?
- 1-4 可编程控制器的特点是什么?

可编程控制器的硬件、软件及工作原理

第一节 可编程控制器的硬件及结构

PLC种类繁多,功能虽然多种多样,但其组成结构和工作原理基本相同。用可编程控制器实施控制,其实质是按一定算法进行输入/输出变换,并将这个变换予以物理实现,应用于工业现场。

PLC在外观上与个人计算机有较大的区别,为了便于在工业控制柜中安装,PLC的外形常做得紧凑而工整,体积一般都比较小。PLC使用的输出输入设备与办公计算机也有较大不同,因安装使用后只运行固定的程序,一般不配大型的键盘与显示器。

根据装配结构的不同,PLC可分为整体式(也称单元式)和模块式(也称组合式)两类,两类产品外观上差别也比较大。整体式PLC将CPU、存储器、输入/输出接口部件、电源都装在同一机箱里,一个机箱是一个完整的机器,可独立完成各种控制任务。模块式PLC则是将CPU、存储器、输入/输出接口、电源及工业控制任务可能需要的其他工作单元都单独制成一个个模块,在具体应用时,可以依控制任务需要有选择地将一些模块组成系统。模块式PLC一般通过母板接插组成,母板相当于一个具有许多插槽的总线连接器,因制作成板型而得名。

整体式PLC一般是小型及微型机。整体机的特点是结构紧凑、使用方便,缺点是输入/输出模块口配置数量固定。为了克服整体机的缺点,使其应用更加灵活,整体机都可配接各种扩展模块(扩展输入/输出端子)及功能模块(扩展特种功能)。配接模块时主机称为基本单元,模块称为扩展单元。

PLC专为工业场合设计,采用了典型的计算机结构,由硬件和软件两部分组成。硬件配置主要由CPU、电源、存储器、专门设计的I/O接口电路、外部设备和I/O扩展模块等组成,框图如图2-1所示。

1. CPU

PLC的中央处理器与一般的计算机控制系统一样,是整个系统的核心,起着类似人体的大脑和神经中枢的作用,它按PLC中系统程序赋予的功能,指挥PLC有条不紊地进行工作。其主要任务有:

- (1) 控制从编程器、上位机和其他外部设备键入的用户程序和数据的接收与存储。
- (2) 用扫描的方式通过I/O部件接收现场的状态或数据,并存入指定的存储单元或数据寄存器中。
- (3) 诊断电源、PLC内部电路的工作故障和编程中的语法错误等。

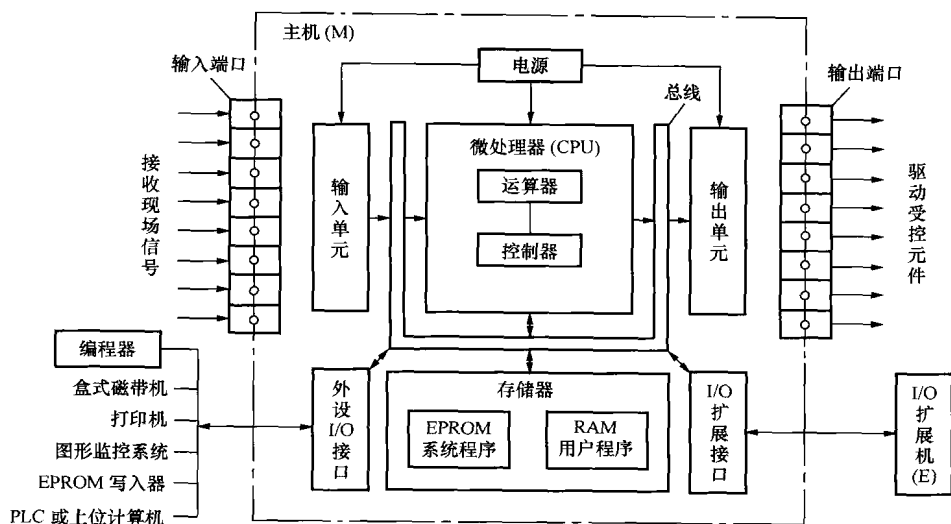


图 2-1 可编程控制器的结构简化框图

(4) PLC 进入运行状态后，从存储器逐条读取用户指令，经过命令解释后按指令规定的任务进行数据传送、逻辑或算术运算等。

(5) 根据运算结果，更新有关标志位的状态和输出寄存器的内容，再经输出部件实现输出控制、制表、打印或数据通信等功能。

与通用计算机不同的是，PLC 具有面向电气技术人员的开发语言，通常用户使用虚拟的输入继电器、输出继电器、中间辅助继电器、时间继电器、计数器等，这些虚拟的继电器也称“软继电器”或“软元件”，理论上具有无限多的动合、动断触点，但只能在 PLC 上编程时使用，其具体结构对用户透明。

目前，小型 PLC 为单 CPU 系统，中型及大型 PLC 则为双 CPU 甚至多 CPU 系统，PLC 所采用的微处理器有 3 种：

(1) 通用微处理器。小型 PLC 一般使用 8 位微处理器如 8080、8085、6800 和 Z80 等，大中型 PLC 除使用位片式微处理器外，大都必须使用 16 位或 32 位微处理器。当前不少 PLC 的 CPU 已升级到 Intel 公司的微处理器产品，有的已经采用奔腾（Pentium）处理器，如德国西门子公司的 S7-400。采用通用微处理器的优点：价格便宜，通用性强，还可借用微机成熟的实时操作系统和丰富的软、硬件资源。

(2) 单片微处理器（即单片机）。它具有集成度高、体积小、价格低及可扩展等优点。如 Intel 公司的 8 位 MCS-51 系列，运行速度快、可靠性高、体积小，很适合于小型 PLC。三菱公司的 FX2 系列 PLC 所使用的微处理器是 16 位 8098 单片机。

(3) 位片式微处理器。它是独立的一个分支，多为双极型电路，4 位为一片，几个位片级相连可组成任意字长的微处理器，代表产品有 AMD-2900 系列美国 AB 公司的 PLC-3 型、西屋公司的 HPPC-1500 型和西门子公司的 S5-1500 型都属于大型 PLC，



都采用双极型位片式微处理器 AMD-2900 高速芯片。PLC 中位片式微处理器的主要作用有两个：①直接处理一些位指令，从而提高了位指令的处理速度，减少了位指令处理器的压力；②将 PLC 的面向工程技术人员的语言（梯形图、控制系统流程图等）转换成机器语言。

模块式 PLC 把 CPU 作为一种模块，各有不同型号供用户选择。

2. 存储器

在 PLC 主机内部配有两种不同类型的存储器。

(1) 系统存储器 (Read Only Memory, ROM)。系统存储器用以固化 PLC 厂商编写的各种系统工作程序，相当于单片机的监控程序或个人计算机的操作系统，在很大程度上它决定该种 PLC 的性能与质量，用户无法更改或调用。系统工作程序有三种类型：

1) 系统管理程序：由它决定系统的工作节拍，包括 PLC 运行管理（各种操作的时间分配安排）、存储空间管理（生成用户数据区）和系统自诊断管理（如电源、系统出错，程序语法、句法检验等）。

2) 用户程序编辑和指令解释程序：编辑程序能将用户程序变为内码形式以便于程序的修改、调试。解释程序能将编程语言变为机器语句以便 CPU 操作运行。

3) 标准子程序和调用管理程序：为了提高运行速度，在程序执行中某些信息处理 (I/O 处理) 或特殊运算等是通过调用标准子程序来完成的。

(2) 用户存储器 (Random Access Memory, RAM)。用户存储器包括用户程序存储器（程序区）和用户数据存储器（数据区）两种，前者用于存放用户程序，后者用来存入（或记忆）用户程序执行过程中使用 ON/OFF 的状态量或数值量，以生成用户数据区。用户存储器的内容由用户根据控制需要可读、可写，可任意修改、增删。可采用高密度、低功耗的 CMOS RAM（由锂电池实现断电保护，一般能保持 5~10 年，经常带负载运行也可保持 2~5 年）或 EPROM 与 EEPROM。用户存储器容量是 PLC 的一项重要技术指标，其容量一般以“步”为单位（16 位二进制数为一“步”或称为“字”）。

3. 输入/输出单元 (I/O 单元)

I/O 单元又称为 I/O 接口电路。PLC 程序执行过程中需调用的各种开关量（状态量）、数字量和模拟量等各种外部信号或设定量，都通过输入电路进入 PLC，而程序执行结果又通过输出电路送到控制现场实现外部控制功能。由于生产过程中的信号电平、速率是多种多样的，外部执行机构所需的电平、速率也是千差万别的，而 CPU 所处理的信号只能是高低电平，其工作节拍又与外部环境不一致，所以 PLC 与计算机 I/O 单元有着类似的作用，即电平变换、速度匹配、驱动功率放大、信号隔离等。不同的是，PLC 产品的 I/O 单元是顾及其工作环境和各种要求而经过精心设计和制造的。计算机则要求用户根据使用条件自行开发，其可靠性、抗干扰能力往往达不到系统要求。

(1) (输入单元) 输入接口电路。各种 PLC 输入接口电路结构大都相同，其输入方式有两种类型：①直流输入（直流 12V 或 24V），如图 2-2 (a) 所示；②交流输入

(交流 100~120V 或 200~240V), 如图 2-2 (b) 所示。它们都是内装在 PLC 面板上的发光二极管 (LED) 来显示某一输入点是否有信号输入。外部输入器件可以是无源触点, 如按钮、行程开关等, 也可以是有源器件, 如各类传感器、接近开关, 光电开关等。在 PLC 内部电源容量允许前提下, 有源输入器件可以采用 PLC 输出电源, 否则必须外设电源。当输入信号为模拟量时, 信号必须经过专用的模拟量输入模块进行 A/D 转换, 然后通过输入电路进入 PLC。输入信号通过输入端子经 RC 滤波、光隔离进入内部电路。图 2-2 (a) 是一个直流 24V 输入电路的内部原理线路, 由装在 PLC 面板上的发光二极管 (LED) 来显示某一输入点是否有信号输入。

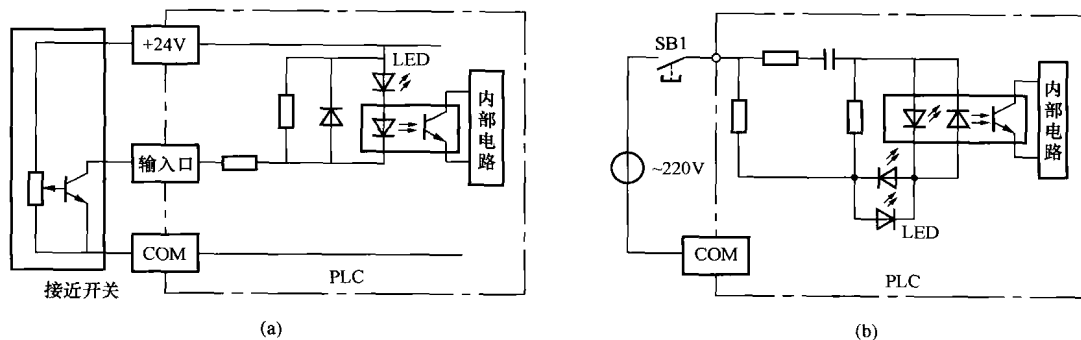


图 2-2 PLC 输入电路

(a) 直流 24V 输入电路; (b) 交流输入电路

(2) (输出单元) 输出接口电路。为适应不同负载需要, 各类 PLC 的输出都有三种方式, 即继电器输出、晶体管输出、晶闸管输出。继电器输出方式最常用, 适用于交、直流负载, 其特点是带负载能力强, 但动作频率与响应速度慢。晶体管输出适用于直流负载, 其特点是动作频率高, 响应速度快, 但带负载能力小。晶闸管输出适用于交流负载, 响应速度快, 带负载能力不大。3 种输出方式的输出接口电路结构如图 2-3 (a)、(b)、(c) 所示。

外部负载直接与 PLC 输出端子相连, 输出电路的负载电源由用户根据负载要求 (电源类型、电压等级、容量等) 自行配备, PLC 输出小电路仅提供输出通道。同时考虑不同类型、不同性质负载的接线需要, 通常 PLC 输出端口的公共端子 (COM 端子) 分组设置。每 4~8 点共一个 COM 端子, 各组相互隔离。在实际应用中应注意各类 PLC 输出端子的输出电流不能超出其额定值, 同时还要注意输出与负载性质有关, 例如 FX2N 系列 PLC 继电器输出的负载能力在电压 250V (交流) 以下时, 电阻负载为 2A/点, 感性负载为 80VA/点, 灯负载为 100W/点。

4. 电源

PLC 对供电电源要求不高, 可直接采用普通单相交流电, 允许电源电压在额定电压的 $-15\% \sim +10\%$ 范围内波动, 也可用直流 24V 供电。PLC 内部有一个高质量的开

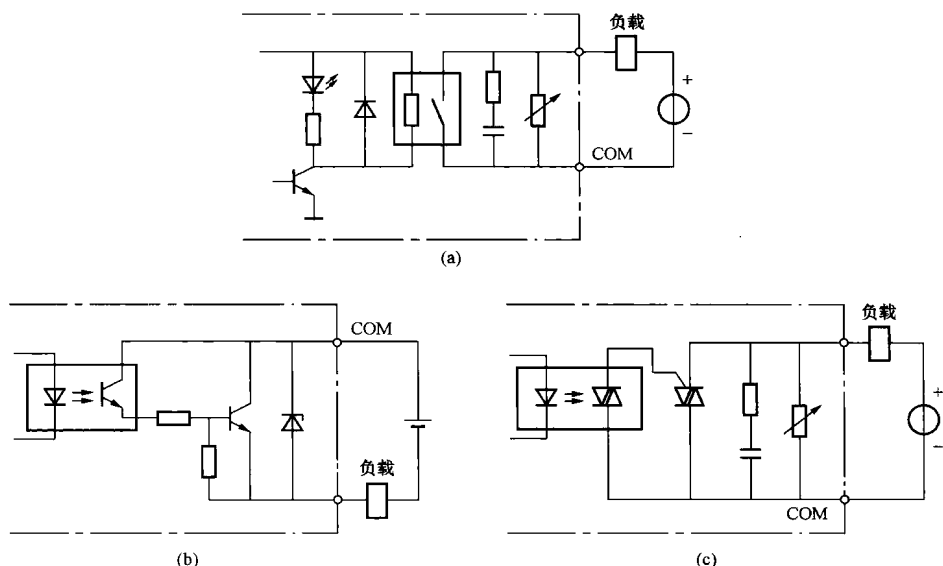


图 2-3 PLC 的输出电路

(a) 继电器输出；(b) 晶体管输出；(c) 晶闸管输出

关型稳压电源，用于对 CPU、I/O 单元供电，还可为外部传感器提供直流 24V 电源（应注意在电源技术指标允许范围内）。

5. 编程器等外部设备

编程器是人机对话的重要工具，它的主要作用是供用户进行程序的编制、编辑、调试和监视，还可以通过其键盘去调用和显示 PLC 内部器件的状态和系统参数。具体结构和使用方法将在第六章中介绍。根据系统控制需要，PLC 还可以通过自身的专用通信接口连接一些其他外部设备，如盒式磁带机、打印机、图形监控器、EPROM 写入器等。

6. I/O 扩展机

每种 PLC 都有与主机相配的扩展模块，用来扩展输入/输出点数，以便根据控制要求灵活组合系统，以构成符合要求的系统配置。例如 FX2N 系列 PLC 由基本单元与扩展单元可以构成 I/O 点数为 16~256 点的 PLC 控制系统。PLC 扩展模块内不配置 CPU，仅对 I/O 通道进行扩展，其输入信息通过扩展端口进入主机总线，由主机 CPU 进行处理。程序执行后，相关输出也是经总线、扩展端口和扩展模块的输出通道实现对外部设备的控制。主机用户存储器留有一定数量的存储空间，以满足该种 PLC 最大 I/O 扩展点数的需要。因此，虽然扩展模块在外表上看起来与主机类似，但其内部结构与主机差异很大，尽管它也有 I/O 端口和相应显示，但它不能脱离主机独立实现系统的控制要求。

第二节 可编程控制器的编程语言

PLC 控制系统通常是以程序的形式来体现其控制功能的，所以 PLC 工程师在进行软