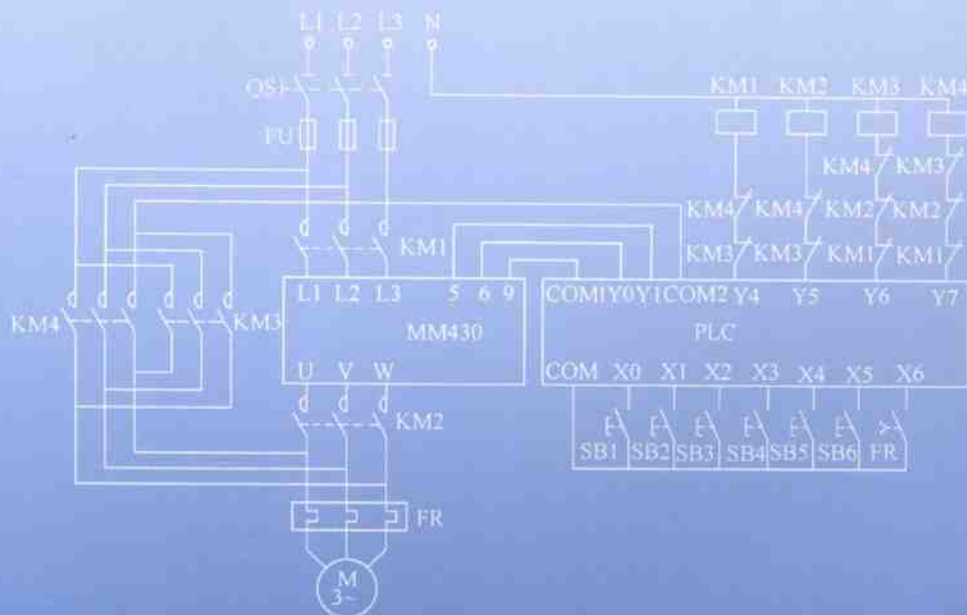


国家示范性高职院校建设规划教材

可编程控制器 应用技术

李俊秀 主编

郝晓弘 主审



化学工业出版社

国家示范性高职院校建设规划教材

可编程控制器应用技术

李俊秀 主 编

李 严 李 剑 副主编

郝晓弘 主 审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书立足于一体化教学,从技能培养、技术应用的角度出发,以三菱公司 FX 系列 PLC 为背景机型,系统地介绍了可编程控制器的应用技术。为适应不同层次、不同专业及一体化教学的需要,全书分基础知识、技术应用、工程实践和技能训练四个模块,涵盖了可编程控制器的组成与基本原理、程序的设计与调试、功能指令与特殊功能模块的使用、PLC 通信技术、PLC 技术的工程应用及 PLC 技术应用的技能训练等。书中列举了大量程序设计的案例和实训课题,突出了技术应用和工程实践能力的培养,既可用于理论与一体化教学,也可指导学生进行实训、课程设计和毕业设计。

本书理论联系实际,以技能培养、技术应用为主线,内容丰富,实用性强。

本书可作为高职高专、成人教育和中等职业学校电气自动化技术、生产过程自动化技术、工业电气自动化、应用电子技术、机电应用技术、机电一体化、数控技术、仪表自动化技术和计算机应用技术等相关专业教材,也可供工程技术人员参考和作为培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器应用技术 / 李俊秀主编. —北京: 化学工业出版社, 2008.7

国家示范性高职院校建设规划教材

ISBN 978-7-122-02936-2

I. 可… II. 李… III. 可编程序控制器-高等学校: 技术学院-教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 103626 号

责任编辑: 张建茹

文字编辑: 王 洋

责任校对: 战河红

装帧设计: 关 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 14³/₄ 字数 369 千字 2008 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究

前 言

可编程控制器（PLC）是以计算机技术为核心的通用工业自动化控制设备，它以其功能强大、可靠性高、编程简单、联网方便等突出的优越性迅速普及并成为当代工业自动化控制的支柱设备之一。为帮助读者更好地掌握 PLC 应用技术，在总结多年 PLC 理论与实践教学的基础上，按照基础知识、技术应用、工程实践和技能训练四个模块编写了《可编程控制器应用技术》一书。

目前，PLC 的机型很多，但其基本结构、原理相同，基本功能、指令系统及编程方法类似。因此，本书从教学需要及实际应用出发，选择了当今最具特色并极有代表性的三菱 FX 系列高性能、微型 PLC 作为背景机型，系统介绍了 PLC 的组成、工作原理、内部软元件、指令系统及编程、特殊功能模块及应用、PLC 通信技术、PLC 技术的工程应用及 PLC 技术应用的技能训练等。书中列举了大量程序设计的案例和实训课题，突出了应用技能和工程实践能力的培养，既可用于理论与一体化教学，也可指导学生进行实训、课程设计和毕业设计。本书具有以下特点。

- 主线突出 贯穿了技能培养、技术应用的主线。通过四个模块，实现三个核心能力（程序编制与调试；PLC 技术应用；PLC 工程实践）的培养。
- 适用性强 模块式教学内容，理论与实践并举，可满足不同层次、不同岗位的要求。
- 工学结合 采用基于“生产过程”的教学模式和案例驱动的一体化教学方法，确保“做中教，做中学，学到手”。通过工学结合实现技能培养。
- 技术先进 体现了新知识、新技术的渗透及应用（变频器、触摸屏、组态技术与 PLC 技术的融合）。

全书共 10 章和 1 个附录。其中第 1~4 章和第 9 章由李俊秀编写（其中第 9 章的 9.5 节由李剑编写），第 5 章和附录由耿惊涛、童克波与陈冬编写，第 6 章由魏训帮编写，第 7 章由李严编写，第 8 章由胡建龙与童克波编写，第 10 章的 10.1、10.3、10.5、10.7、10.9、10.10 和 10.12 由童克波编写，10.2、10.4、10.6、10.8、10.11 和 10.13 由李剑编写。本书由李俊秀任主编，并负责全书的统稿工作，李严、李剑任副主编，郝晓弘教授主审。

本书在编写过程中得到了中国化工教育协会、化学工业出版社及许多院校和个人的大力支持和帮助，在此表示诚挚的谢意！

由于水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

2008 年 5 月

目 录

基础知识模块

第 1 章 可编程控制器及工作原理	1
1.1 可编程控制器概述	1
1.2 可编程控制器的工作原理	4
思考题	10
第 2 章 FX 系列可编程控制器	11
2.1 FX 系列 PLC 的型号	11
2.2 FX _{2N} 系列 PLC 的配置	11
2.3 FX _{2N} 系列 PLC 内部资源	13
2.4 FX _{2N} 系列 PLC 技术指标	20
思考题	22
第 3 章 FX 系列 PLC 基本指令及编程	23
3.1 FX 系列 PLC 基本指令	23
3.2 编程注意事项	30
3.3 基本控制环节的编程	31
3.4 基本指令编程案例	34
思考题与习题	40
第 4 章 FX 系列 PLC 步进顺控指令及编程	42
4.1 状态转移图 (SFC 图)	42
4.2 步进顺控指令及编程	43
4.3 单流程状态转移图	45
4.4 选择性分支状态转移图	47
4.5 并行分支状态转移图	51
4.6 组合状态转移图	54
思考题与习题	56

技术应用模块

第 5 章 FX 系列 PLC 功能指令及编程	61
5.1 功能指令的形式及要素	61
5.2 常用功能指令及应用	63
思考题与习题	100
第 6 章 FX 系列 PLC 特殊功能模块	101
6.1 模拟量输入模块 FX _{2N} -4AD	101
6.2 模拟量输出模块 FX _{2N} -4DA	105

6.3 其他特殊功能模块简介	109
思考题与习题	110
第7章 FX系列PLC通信技术	111
7.1 PLC通信的基本知识	111
7.2 PLC与计算机的通信	112
7.3 PLC与PLC之间的通信	117
思考题与习题	124

工程实践模块

第8章 PLC控制系统的设计	125
8.1 PLC控制系统设计的基本原则	125
8.2 PLC控制系统设计的步骤	125
8.3 减少I/O点数的方法	128
8.4 提高PLC控制系统可靠性的措施	129
8.5 PLC的维护与故障诊断	131
8.6 PLC控制系统设计案例	132
8.7 课程设计题目	136
第9章 可编程控制器在工业控制中的应用	142
9.1 PLC在单轴数控中的应用	142
9.2 PLC在组合机床控制中的应用	146
9.3 PLC在试验电炉控制中的应用	152
9.4 PLC在集选控制电梯中的应用	156
9.5 PLC在恒压供水系统中的应用	164
9.6 PLC在恒温控制过程中的应用	172

技能训练模块

第10章 实训课题	179
10.1 程序的写入、调试及监控	179
10.2 PLC编程软件的使用	184
10.3 电动机正/反转控制	188
10.4 三台泵顺序启停控制	190
10.5 自动送料装车控制	193
10.6 交通信号灯控制	196
10.7 彩灯控制	199
10.8 三相步进电动机控制	202
10.9 恒温系统控制	205
10.10 PLC与变频器控制电动机的调速	208
10.11 触摸屏与PLC技术应用	211
10.12 组态与PLC技术应用	214
10.13 水压的PID调节控制	221
附录 FX系列PLC功能指令一览表	226
参考文献	230

第 1 章 可编程控制器及工作原理

1.1 可编程控制器概述

1.1.1 可编程控制器

可编程控制器 (Programmable Logic Controller, 简称 PLC) 是将传统的继电器控制技术、现代的微电子技术、计算机技术和通信技术融为一体的自动化控制设备。图 1-1 是 FX_{2N} 系列小型 PLC 的主机外观图。

1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 首先研制成功了第一台可编程控制器, 并在通用汽车公司 (GM) 的自动生产线上试用成功, 从而开创了工业控制的新局面; 1971 年, 日本开始生产可编程控制器; 1973 年, 欧洲各国开始生产可编程控制器; 1974 年, 中国开始研制可编程控制器, 1977 年开始工业应用。

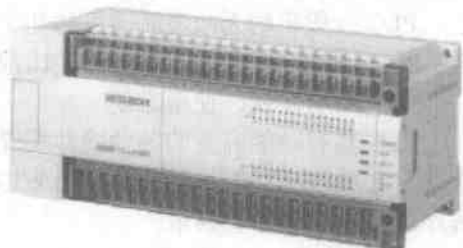


图 1-1 FX_{2N} 系列小型 PLC 的主机外观图

20 世纪 80 年代以来, 随着大规模集成电路和微型计算机技术的发展, 以 16 位和 32 位微处理器为核心的 PLC 得到了迅速发展, 使 PLC 在设计、性能、价格以及应用等方面都有了新的突破。不仅控制功能增强、功耗和体积减小、成本下降、可靠性提高、编程和故障检测更为灵活方便; 而且随着远程 I/O 和通信网络、数据处理以及图像显示等技术的发展, PLC 的应用领域不断扩大。PLC 已成为现代工业生产自动控制的一大支柱设备。

目前, PLC 的生产厂家众多, 产品型号、规格不可胜数, 但主要分为欧洲、日本、美国三大块。在中国市场上, 欧洲的代表是西门子, 日本的代表是三菱和欧姆龙, 美国的代表是 AB 与 GE。各大公司都推出了自己从微型到大型的系列化产品, 可以满足各种控制要求。

西门子公司产品有 S-200 (微型机)、S-300 (中型机) 和 S-400 (大型机)。

三菱公司产品有 Q 系列、QnA 系列、AnS 系列和 A 系列, 其为模块式大型 PLC, 最大容量为 8KB; FX 系列为单元式小型 PLC, 单机最大容量为 256B。

PLC 的历史只有 30 多年, 但一直在发展中, 所以至今尚未对其下最后的定义。国际电工学会 IEC (International Electrical Committee) 1987 年发布了当时 PLC 的最新定义: PLC 是一种专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置, 它采用可以编制程序的存储器, 在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、计时、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, PLC 及其相关的外围设备都应按照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。其要点如下。

① PLC 是数字运算操作的电子装置, 可以进行逻辑运算、顺序运算、计时、计数和算术运算等操作。

② PLC 带有可以编制程序的存储器。

③ PLC 是为在工业环境下应用而设计, 用于控制各种类型的机械或生产过程。

④ PLC 易与控制系统连成一体, 易于扩展。

总而言之, PLC 是可编写程序的通用工业计算机自动控制设备。只要改变用户程序, 便可用于各种工业控制设备或系统。

1.1.2 可编程控制器的特点

(1) 可靠性高, 抗干扰能力强

PLC 在设计与制造过程中, 考虑了工业现场电磁干扰、电源波动、机械振动、温度和湿度变化等因素的影响, 在设备硬件上采用了隔离、屏蔽、滤波、接地等抗干扰措施, 主要模块采用大规模或超大规模集成电路, I/O 电路设计有完善的通道保护和信号调理电路; 在软件上采用数字滤波等抗干扰和故障诊断措施, 所有这些使 PLC 具备了很强的抗干扰能力。特别是大量的开关动作由无触点的电子存储器完成, 大部分继电器和繁杂的硬件接线被软件程序所取代, 故其可靠性大大提高。

PLC 一般平均无故障时间可达几十万至上千万小时, 组成系统时亦可达 4 万~5 万小时甚至更长, 这是一般微型计算机不能比拟的。

(2) 通用性强, 使用方便

PLC 具有功能齐备的各种硬件配置, 可以组成能满足各种控制要求的控制系统。用户硬件确定之后, 若生产工艺流程改变或生产设备更新, 也不必改变 PLC 的硬件设备, 只需改换程序就可以满足控制要求。

(3) 功能强, 适应面广

现代 PLC 不仅有逻辑运算、计时、计数、顺序控制等功能, 还具有数字和模拟量的输入输出、功率驱动、通信、人机对话、自检、记录显示等功能, 既可控制一台生产机械、一条生产线, 又可控制一个生产过程。

(4) 编程简单, 容易掌握

PLC 程序的编制, 一般都采用继电控制形式的梯形图编程语言。梯形图编程语言既继承了传统控制线路的形象直观, 又兼顾大多数企业电气技术人员的读图习惯及编程水平, 所以非常容易接受和掌握。

(5) 体积小、重量轻、功耗低

PLC 是将微电子技术应用于工业设备的产品, 其结构紧凑, 体积小, 重量轻, 功耗低。

1.1.3 可编程控制器的应用

随着 PLC 功能的不断完善, 性价比的不断提高, 其应用面也越来越广。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、环保和娱乐等各个行业。

(1) 开关量逻辑控制

PLC 取代传统的继电器控制电路构成的逻辑控制、顺序控制系统是 PLC 最基本的应用, 既可用于单机控制, 又可用于多机群控及自动化流水线控制, 如组合机床、注塑机、印刷机械、装配生产线、包装生产线、电镀流水线及电梯控制等。

(2) 运动控制

较高档次的 PLC 都有位置控制模块, 用于控制步进电动机或伺服电动机, 实现对各种机械的位置和运动控制。

(3) 闭环过程控制

PLC 具有 A/D 和 D/A 转换功能或模块, 能完成对温度、压力、速度和流量等模拟量的

调节与控制。现代大中型 PLC 一般都配备了 PID (Proportional Integral Derivative) 控制模块, 可实现闭环过程控制。当控制过程中某个变量出现偏差时, PLC 能按照 PID 算法计算出正确的输出去控制生产过程, 把变量保持在设定值上。过程控制在冶金、化工、热处理、锅炉控制等场合有非常广泛的应用。

(4) 数据处理

现代的 PLC 不仅能进行算术运算、数据传送、排序、查表等, 而且还能进行数据比较、数据转换、数据通信、数据显示和打印等, 它具有很强的数据处理能力。

(5) 通信及联网

近几年, 随着计算机控制技术的发展, 为了适应工厂自动化 (FA) 网络系统及集散控制系统 DCS (Distributed Control System) 发展的需要, 较高档次的 PLC 都具有通信联网功能, 既可以对远程 I/O 进行控制, 又能实现 PLC 与 PLC、PLC 与计算机之间的通信, 构成多级分布式控制系统, 如三菱 Q 系列 PLC 能为工厂自动化网络系统提供层次清晰的三层控制与管理网络, 如图 1-2 所示。

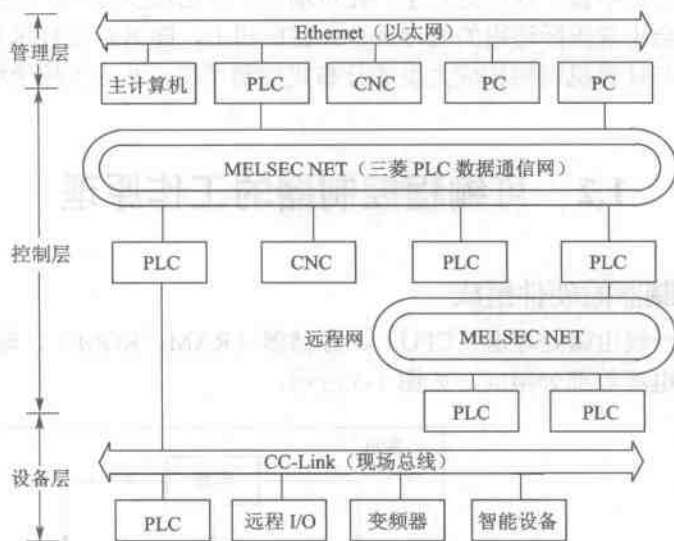


图 1-2 三菱 Q 系列 PLC 网络示意图

由上位机 (主计算机)、PLC 和远程 I/O 设备相互连接所形成的 PLC 网络系统可对工业生产从设计到制造, 从控制到管理, 实现“管控一体化”, 构成工厂自动化控制系统。

① 管理层 管理层为网络系统中的最高层 (工厂级), 主要是在 PLC、设备控制器以及主计算机之间传输生产管理信息、质量管理信息及设备的运转情况等数据, 管理层使用最普遍的 Ethernet (以太网)。它不仅能够连接 Windows 系统的 PC、UNIX 系统的工作站等, 而且还能连接各种 FA 设备。

② 控制层 控制层是整个网络系统的中间层 (车间级), 是 PLC、CNC 等控制设备之间进行高速数据互传的控制网络, 主要负责自动生产线上的数据采集、编程调试、工艺优化选择和参数设定等工作。作为三菱 PLC 的远程网络, MELSEC NET 具有良好的实时性、简单的网络设定、无程序的网络数据共享和冗余系统等特点, 获得了很高的市场评价。

③ 设备层 设备层为网络的最低级 (单元级), 是通过现场总线 (CC-Link) 将 PLC 与其他安装在现场的智能化设备, 如传感器、人机界面、变频器、智能化仪表、智能型电磁阀、智能型驱动执行机构等, 通过一根传输介质 (双绞线、同轴电缆或光缆) 连接起来, 并按照

同一通信规则互相传输信息，由此构成一个现场工业控制网络。这种网络与单纯的 PLC 远程网络相比，配置更灵活、扩容更方便、性价比更高、更具有开放意义。

MELSEC NET 和 CC-Link 使用循环通信的方式，周期性自动地收发信息，不需要专门的数据通信程序，只需简单的参数设定即可实现网络上的数据共享。

1.1.4 可编程控制器的 development 前景

PLC 经过 30 多年的发展，在美、德、日等工业发达国家已成为重要的产业之一。目前，世界上有 200 多个厂家生产 PLC，其中较为著名的有美国 AB 通用电气公司、莫迪康公司；日本三菱、富士、欧姆龙、松下电工等公司；德国西门子公司；法国施耐德公司；韩国三星、LG 公司等。世界 PLC 总销售额不断上升、生产厂家不断涌现、品种也不断翻新。

21 世纪，PLC 将会有更大的发展。在技术上，计算机技术的新成果会更多地应用于 PLC 的设计与制造，会有运算速度更快、存储容量更大、组网能力更强的品种出现；在产品的规模上，会进一步向超小型和超大型方向发展；在产品的配套性上，新器件、新模块将不断推出，产品的品种会更丰富，规格更齐全；在市场上，会出现少数几个品牌垄断国际市场的局面；在编程上，会出现国际通用的编程语言；在应用上，随着总线技术及计算机网络的进一步发展，PLC 将与计算机组网构成大型的分布式控制系统，并在工控领域发挥越来越大的作用。

1.2 可编程控制器的工作原理

1.2.1 可编程控制器的硬件组成

可编程控制器一般由微处理器（CPU）、存储器（RAM、ROM）、输入输出接口（I/O 接口）、编程器及电源等部分组成，如图 1-3 所示。

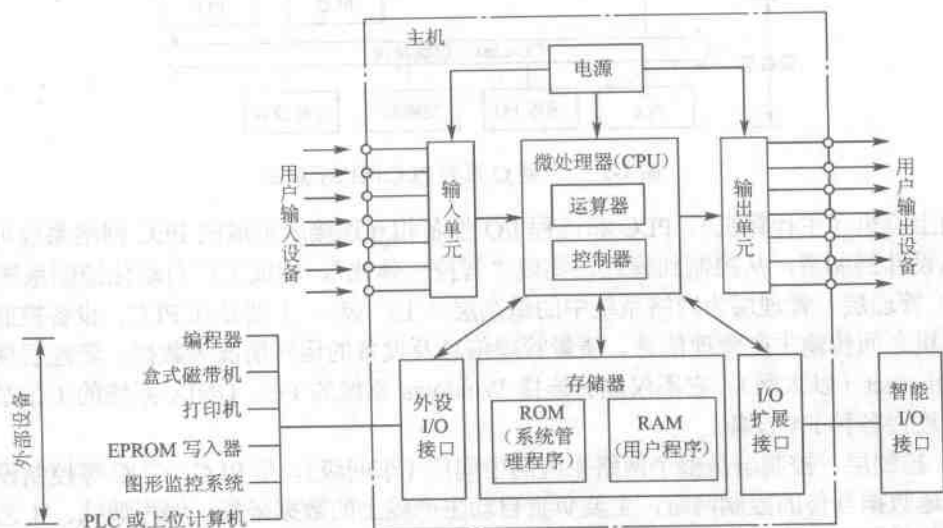


图 1-3 可编程控制器基本结构框图

(1) 微处理器 (CPU)

CPU 是 PLC 的运算控制中心，PLC 在 CPU 的控制下，协调系统内部各部分的工作，执

行监控程序和用户程序，进行信息和数据的逻辑处理，产生相应的内部控制信号，实现对现场各个设备的控制。

PLC 中常用的 CPU 主要采用通用微处理器（如 8086、80286、80386 等）、单片机（如 8031、8051、8096 等）或双极型位片式微处理器（如 AM2901、AM2903 等），但一些专业生产 PLC 的厂家均采用自己开发的专用 CPU。CPU 的性能关系到 PLC 处理信息的能力与速度。PLC 的档次越高，CPU 的位数也越多，系统处理信息的量越大，运算速度也越快。

(2) 存储器

PLC 的存储器分系统存储器（ROM）和用户存储器（RAM）。系统存储器用来存放系统管理程序，并固化在 ROM 内，用户不能访问和更改；用户存储器用来存放用户编制的应用程序和工作数据，其内容可以由用户任意修改，目前较先进的 PLC 采用可随时读写的快闪存储器作为用户程序存储器，它不需要后备电池，掉电时数据也不会丢失。

(3) 输入输出接口

输入输出接口是 PLC 和工业现场输入与输出设备连接的部分。

① 输入接口 输入接口电路用来接收和采集现场输入信号，PLC 输入回路的接线如图 1-4 所示。输入回路中公共点 COM 通过输入元件（如按钮、开关、继电器的触点、传感器等）连接到对应的输入点上，再通过输入继电器将输入元件的状态转换成 CPU 能够识别和处理的信号，并存储到输入映像寄存器中。

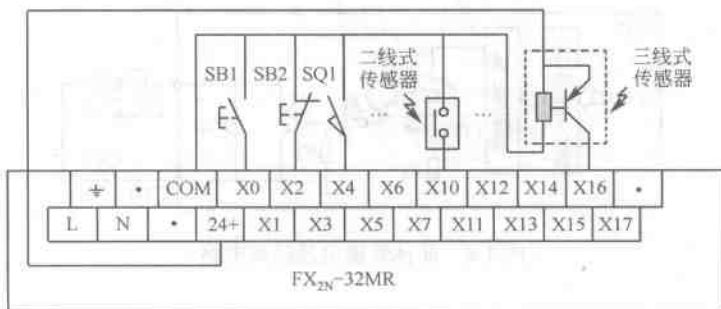


图 1-4 PLC 输入回路的接线

输入回路又分直流输入和交流输入两种形式，如图 1-5、图 1-6 所示。为防止各种干扰信号进入 PLC，影响其可靠性，输入接口电路采用了光电隔离措施。

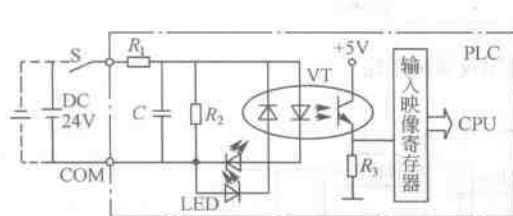


图 1-5 直流输入及隔离电路

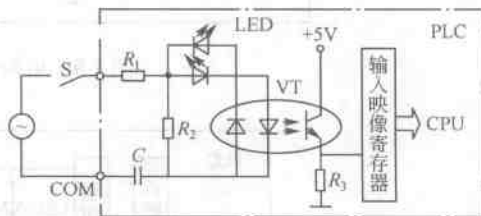


图 1-6 交流输入及隔离电路

② 输出接口 输出接口电路就是 PLC 的负载驱动回路，PLC 输出回路的接线如图 1-7 所示。通过输出接口，将负载和负载电源连接成一个回路，这样负载就由 PLC 输出接口的 ON/OFF 进行控制，输出接口为 ON 时，负载得到驱动。

负载电源的规格应根据负载的需要和输出接口的技术规格进行选择，详见表 2-9。在输

出共用一个公共接口时，必须用同一电压类型和同一电压等级；而不同公共接口组可使用不同电压类型和电压等级的负载。

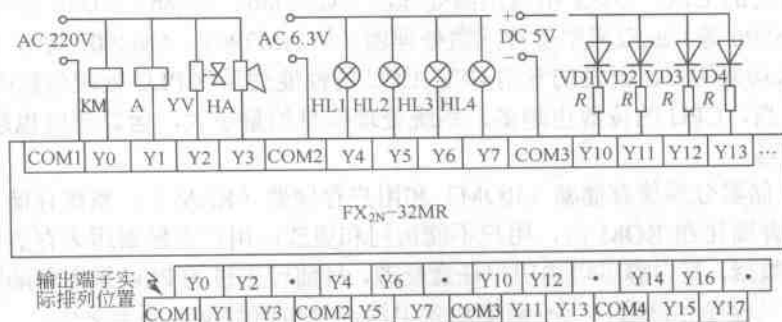


图 1-7 PLC 输出回路的接线

为适应控制的需要，PLC 输出分晶体管输出、可控硅输出和继电器输出三种形式，如图 1-8、图 1-9、图 1-10 所示。CPU 将处理结果存放在元件映像寄存器中，输出接口电路将其转换成现场需要的强电信号输出，以驱动被控设备的执行元件。为提高 PLC 抗干扰能力，每种输出电路都采用了光电或电气隔离技术。

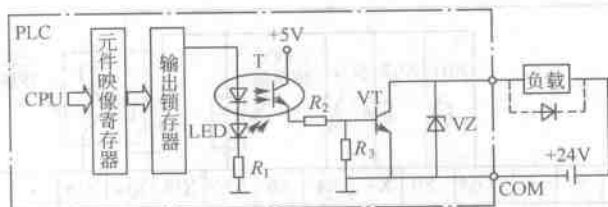


图 1-8 晶体管输出及隔离电路

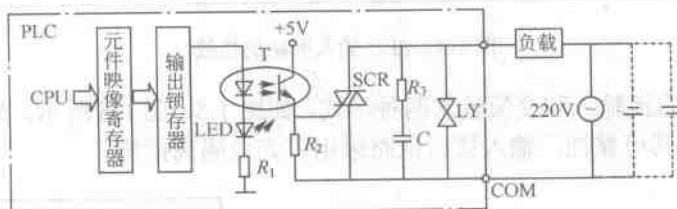


图 1-9 可控硅输出及隔离电路

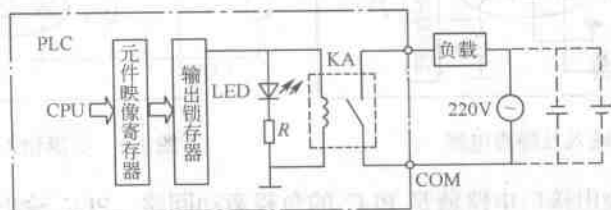


图 1-10 继电器输出及隔离电路

继电器输出和可控硅输出适用于大电流输出场合；晶体管输出、可控硅输出适用于快速、

频繁动作的场合。对相同驱动能力，继电器输出形式价格较低。

PLC 输出端有感性负载时，为防止其瞬间干扰，应采取抗干扰措施。对直流负载，可在其两端并连续流二极管，如图 1-11 (a) 所示，二极管可选 1A 的管子，其耐压值应大于负载电源电压的 3~4 倍，接线时要注意二极管的极性；对交流负载，应在负载两端并联阻容吸收电路，如图 1-11 (b) 所示，一般负载容量在 $10\text{V} \cdot \text{A}$ 以下，可取 R 为 120Ω ， C 为 $0.1\mu\text{F}$ ；若负载容量在 $10\text{V} \cdot \text{A}$ 以上，可取 R 为 47Ω ， C 为 $0.47\mu\text{F}$ 。

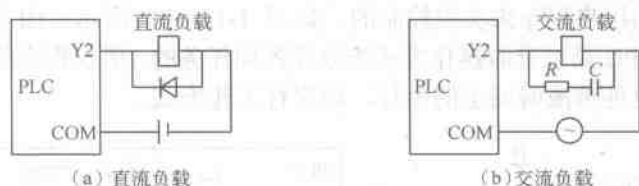


图 1-11 输出负载的抗干扰措施

(4) 智能 I/O 接口

为了实现更加复杂的控制功能，PLC 配有多种智能单元，称为功能模块，如 A/D 单元、D/A 单元、PID 单元、高速计数单元、定位单元等。智能单元一般都有各自的 CPU 和专用的系统软件，能独立完成一项专门的工作。智能单元通过总线与主机联机，通过通信方式接受主机的管理，共同完成控制任务。

(5) 电源

小型整体式 PLC 内部设有开关稳压电源，电源一方面可为 CPU 板、I/O 板及扩展单元提供工作电源 (DC 5V)，另一方面可为外部输入元件提供 DC 24V (200mA) 的电源。

(6) 编程器

编程器供用户进行程序的编制、编辑、调试和监控，详见 10.1 节。编程器有简易型和智能型两类。简易型编程器只能联机编程，且需要将梯形图转化为机器语言（助记符）后才能输入；智能型编程器又称图形编程器，既可以联机编程，也可以脱机编程，具有图形显示功能，可以直接输入梯形图和通过屏幕对话。

除编程器外，PLC 还可以利用计算机辅助编程，详见 10.2 节，这时计算机应配有相应的编程软件包，若要直接与可编程控制器通信，还要配有相应的通信电缆。

PLC 还可配有盒式磁带机、EPROM 写入器、存储器卡等其他外部设备。

1.2.2 可编程控制器的软件

PLC 的软件由系统程序（系统软件）和用户程序（应用软件）组成。

① 系统程序 系统程序包括管理程序、用户指令解释程序以及供系统调用的专用标准程序模块等。管理程序用于运行管理、存储空间分配管理和系统的自检，控制整个系统的运行；用户指令解释程序用于把输入的应用程序（梯形图）翻译成机器能够识别的机器语言；专用标准程序模块是由许多独立的程序块组成，各自能完成不同的功能。系统程序由 PLC 生产厂家提供，并固化在 EPROM 中，用户不能直接读写。

② 用户程序 用户程序是用户根据控制要求，用 PLC 编程语言编制的应用程序。PLC 常用的三种图形化编程语言是梯形图 (LD)、功能块图 (FBD) 和顺序功能图 (SFC)；两种文本化编程语言是指令表 (IL) 和结构化文本 (ST)。用户通过编程器或计算机将用户程序写入到 PLC 的 RAM 中，并可以对其进行修改和更新，当 PLC 断电时，写入的内容被锂电池保持。

1.2.3 可编程控制器的工作原理

(1) PLC 控制逻辑的实现

继电器控制系统是一种硬件逻辑系统，如图 1-12 (a) 所示，其三条支路是并联工作的。按下按钮 SB1，中间继电器 KA 得电并自锁，KA 的另两个触点闭合，使接触器 KM1、KM2 同时得电并动作，所以继电器控制系统采用的是并行工作方式。

PLC 是一种工业控制计算机，其工作原理是建立在计算机工作原理基础之上的，是通过执行反映控制要求的用户程序来实现控制的，如图 1-12 (b) 所示。由于计算机在每一瞬间只能做一件事，其 CPU 是以分时操作方式来处理各项任务的，所以程序的执行是按顺序依次完成相应的动作，这便形成时间上的串行，即串行工作方式。

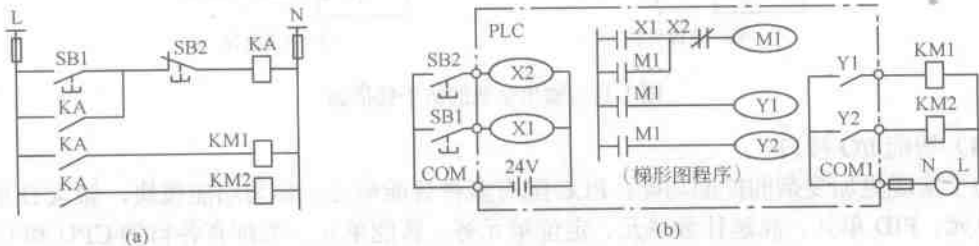


图 1-12 PLC 控制逻辑实现原理示意图

(2) PLC 的工作方式

PLC 采用反复循环的顺序扫描工作方式。PLC 从第一条指令执行开始，按顺序逐条执行用户程序直到用户程序结束，然后返回第一条指令开始新一轮扫描，每重复一次的时间就是一个工作周期（称扫描周期）。工作周期的长短与程序的长短、指令的种类和 CPU 的主频有关。一个扫描过程中，执行指令程序的时间占了绝大部分。整个扫描过程可分上电处理、自诊断处理、通信服务和程序扫描四个环节，如图 1-13 所示。

① 上电处理 PLC 上电后对系统进行一次初始化，包括硬件初始化和软件初始化，I/O 模块配置检查，断电保持范围设定及其他初始化处理等。

② 自诊断处理 PLC 每扫描一次，执行一次自诊断检查，以确定 PLC 自身的动作是否正常。如检查出异常时，CPU 面板上的 LED 及异常继电器会接通，在特殊寄存器中会存入出错代码。当出现致命错误时，CPU 被强制为 STOP 方式，所有的扫描便中止。

③ 通信服务 PLC 自诊断处理完成以后进入通信服务过程。首先检查有无通信任务，如有调用相应进程，完成与其他设备的通信，

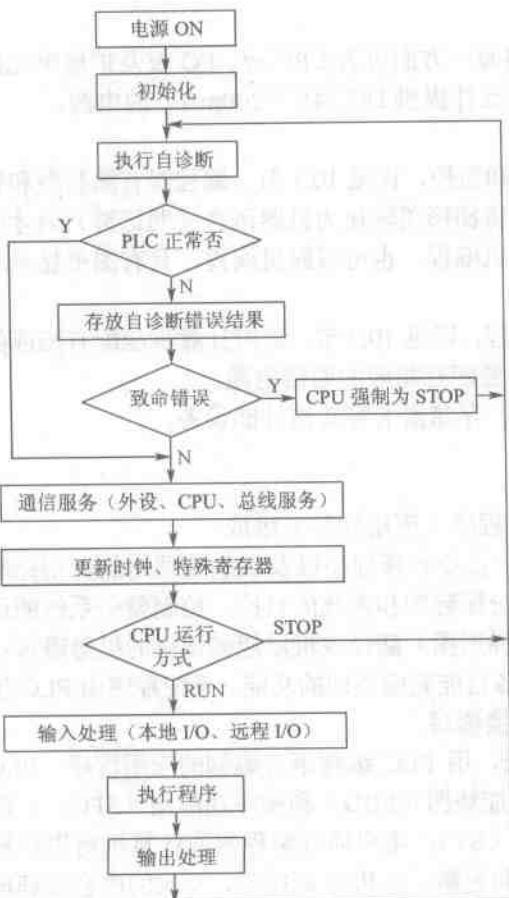


图 1-13 PLC 工作方式流程图

并对通信数据作相应处理；然后进行时钟、特殊寄存器更新处理等工作。

④ 程序扫描 PLC 上电处理、自诊断和通信任务完成以后，如果工作选择开关在 RUN 位置，则进入程序扫描工作阶段。先采样输入信号，再执行用户程序，最后刷新输出。

当 PLC 处于正常运行时，其工作过程可分三个阶段，即输入采样阶段、程序执行阶段和输出刷新阶段，如图 1-14 所示。

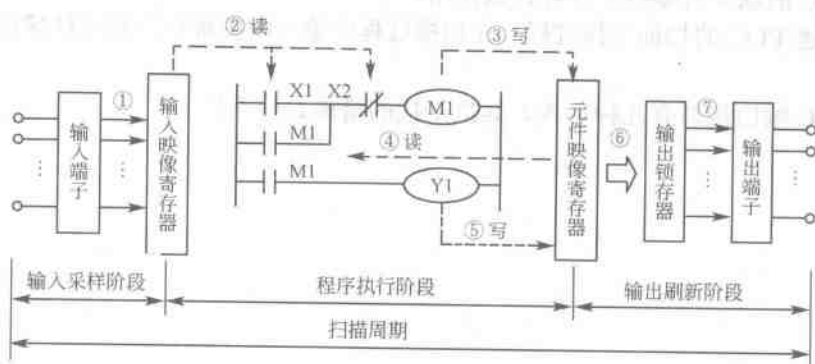


图 1-14 PLC 工作过程示意图

- 输入采样阶段 在程序执行之前，PLC 将所有输入信号的状态（开或关、即 1 或 0）读入到输入映像寄存器中，这称为对输入信号的采样，即输入刷新。接着转入程序执行阶段，在程序执行期间，即使输入信号的状态变化，输入映像寄存器的内容也不会改变，输入状态的变化只能在下一个工作周期的输入采样阶段才被重新读入。

- 程序执行阶段 PLC 在程序执行阶段，总是按从左到右、自上而下的顺序对每条指令进行扫描。每执行一条指令时，所需要的输入元件状态或其他元件的状态分别由输入映像寄存器和元件映像寄存器中读出，而将程序执行结果随时写入到元件映像寄存器中，所以元件映像寄存器中的内容是随程序执行的过程变化的。

- 输出刷新阶段 整个程序执行完毕，将元件映像寄存器中所有输出元件的 ON/OFF 状态转存到输出锁存寄存器，再驱动用户输出设备（负载），这才是 PLC 的实际输出。

注意，输入映像寄存器在采样时刷新；元件映像寄存器进行实时刷新；输出端子的通/断由输出锁存器决定。

（3）输入/输出的滞后现象

从微观上来考察，由于 PLC 特定的扫描工作方式，程序在执行过程中所用的输入信号是本周期内采样阶段的输入信号。若在程序执行过程中，输入信号发生变化，其输出不能即时做出反映，只能等到下一个工作周期的输入采样阶段，才能采样该变化了的输入信号。另外，程序执行过程中产生的输出信号不是立即去驱动负载，而是将处理的结果存放在元件映像寄存器中，等程序全部执行完毕，才将元件映像寄存器中的输出信号经输出锁存器送到输出端子上的。因此，PLC 最显著的不足之处是输入/输出有响应滞后现象。

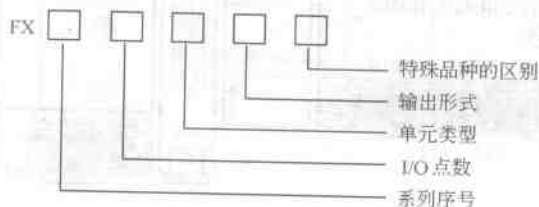
对一般工业设备来说，其开关量输入信号的变化周期（秒级以上）大于程序工作周期（仅几十 ms），因此从宏观上来看，输入信号一旦变化，就能立即进入输入映像寄存器；同样，输出元件状态的变化也能使负载得到立即驱动。也就是说，PLC 的输入/输出滞后现象对一般工业设备来说是完全允许的，但对某些设备，如需要输出对输入做出快速反应，可采用快速响应模块、高速计数模块以及中断处理等措施来尽量减少滞后时间。

第2章 FX 系列可编程控制器

2.1 FX 系列 PLC 的型号

FX 系列 PLC 是三菱公司的产品。三菱公司近年来推出的 FX 系列 PLC 有 FX₀、FX₂、FX_{0S}、FX_{0N}、FX_{2C}、FX_{1S}、FX_{1N}、FX_{2N}、FX_{2NC} 等系列型号。

FX 系列 PLC 型号命名的基本格式如下：



系列序号：系列名称，如 0、2、0S、0N、2C、1S、1N、2N、2NC 等。

I/O 点数：4~128 点。

单元类型：M 代表基本单元；

E 代表输入输出混合扩展单元及扩展模块；

EX 代表输入专用扩展模块；

EY 代表输出专用扩展模块。

输出形式：R 代表继电器输出；T 代表晶体管输出；S 代表晶闸管输出。

特殊品种的区别：D 代表 DC 电源，DC 输入；AI 代表 AC 电源，AC 输入（AC100~120V）或 AC 输入模块；H 代表大电流输出扩展模块（1A/点）；V 代表立式端子排的扩展模式；C 代表接插口输入输出方式；F 代表输入滤波器 1ms 的扩展模块；L 代表 TTL 输入型扩展模块；S 代表独立端子（无公共端）扩展模块；若特殊品种缺省，通常指 AC 电源、DC 输入、横式端子排。

2.2 FX_{2N} 系列 PLC 的配置

FX_{2N} 系列 PLC 是 FX 系列中最高级的产品，可用于要求很高的控制系统。图 2-1 示出的是 FX_{2N} 系列 PLC 系统硬件组成示意图，其硬件由基本单元、扩展单元、扩展模块、转换电缆接口、特殊适配器和特殊功能模块等外部设备组成。

基本单元包括 CPU、存储器、I/O 接口和电源，是 PLC 的主要部分，其规格型号如表 2-1 所示。

扩展单元用于扩展 I/O 的点数，内部设有电源。扩展模块用于增加输入或输出的点数，内部无电源，由基本单元或扩展单元供给。扩展单元和扩展模块内无 CPU，必须与基本单元一起使用。FX_{2N} 系列 PLC 扩展单元和扩展模块的规格型号分别如表 2-2、表 2-3 所示。