

普通高等教育规划教材

三菱FX系列 PLC基础及应用

SANLING FX XILIE PLC JICHU

JI YINGYONG

主 编：韩晓新
副主编：邢绍邦
参 编：刘海燕
朱品伟
吴晓庆



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书是普通高等教育教材,从工程实践的角度出发,强调宽基础、重应用,力争为学生今后的持续创造性学习打下好基础。本书介绍了可编程序控制器(PLC)的历史、现状及发展,并以三菱FX2系列为例,使学生了解PLC的类型、硬件构成、软件编程方法、应用开发,常用组态软件的选择、使用、编程方法,以及与PLC之间的通信、基于PLC与组态王等组态软件的系统开发等知识;还具体介绍PLC控制系统的设计及编程方法,并附有习题和实例参考。

本书主要作为电气工程、自动化、机电一体化专业的大学本科生的教材,对于机电行业的广大技术人员、技术工人也是一本更新知识结构及学习新技术应用的入门教材。

本书有教学课件,欢迎任课教师索取,索取邮箱为:Jinacmp@163.com。

图书在版编目(CIP)数据

三菱FX系列PLC基础及应用/韩晓新主编. —北京:

机械工业出版社, 2010.8

普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-111-31141-6

I. ①三… II. ①韩… III. ①可编程序控制器-高等学校-教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第122383号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:吉玲 责任编辑:吉玲

版式设计:霍永明 责任校对:李锦莉

责任印制:李妍

北京振兴源印务有限公司印刷

2010年8月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·16.75印张·409千字

标准书号:ISBN 978-7-111-31141-6

定价:31.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
电话服务 网络服务

社服务中心:(010) 88361066

销售一部:(010) 68326294

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

门户网: <http://www.cmpbook.com>

教材网: <http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

前 言

可编程序控制器（PLC）是一种基于计算机技术、专为在工业环境下应用而设计的电子控制装置，它采用可编程的存储器，用来存储用户指令，通过数字或模拟的输入/输出，完成一系列逻辑、顺序、定时、计数、运算等确定的功能，来控制各种类型的机电一体化设备和生产过程。当今的 PLC 吸取了微电子技术和计算机技术的最新成果，得到了快速的发展。从单机自动化到整条生产线的自动化，乃至整个工厂的生产自动化；从柔性制造系统、工业机器人到分散式网络化控制系统，PLC 都承担着极其重要的角色，从而被称为“先进国家工业三大支柱”之一。

鉴于上述原因，目前国内外大专院校的机械、电气、机电一体化专业及其他有关专业都普遍开设了 PLC 这门课程。但 PLC 的产品和其他电子产品一样，具有种类较多、发展较快的特点，因此常常造成教材内容、教学专用设备和企业实际应用脱节，内容滞后于产品技术发展的现状。有感于此，我们查阅了大量国内外 PLC 的资料，选择了有代表性的日本三菱 FX2 系列 PLC 作背景机，讲述其原理、应用及编程方法。FX2 系列有多种模块、功能齐全、性能价格比高，是各大专院校购置实验装置时的较佳选择。同时通过掌握一种型号的 PLC 后，在选择使用其他型号的 PLC 时也可触类旁通，相互参照。

本书的主要内容是阐述三菱 FX2 系列 PLC 的类型、硬件构成、软件编程方法、应用开发和常用组态软件的选择、使用、编程方法及与 PLC 的通信、基于 PLC 与组态王等组态软件的系统开发等知识，具有与 PLC 应用实际紧密联系、突出实践性、侧重典型性、淡化纯理论性、强调综合应用性的特点。在教学中，综合应用性这一特点往往容易被忽视。因为在工业自动化控制领域，一个实际使用的控制系统往往是很复杂的，本书把机械、电工、电子、液压、气动和计算机等知识与 PLC 知识有机地综合起来，增设的一些实践教学项目以提高学生分析问题和解决问题的能力，培养学生的创新和综合应用的职业能力，真正实现学生毕业后在 PLC 技术应用领域“零距离上岗”的最终教学目标。

本书由江苏技术师范学院韩晓新主编并负责第 1、7 章编写，副主编邢绍邦负责第 6 章编写，刘海燕负责第 2、3 章编写，吴晓庆负责第 4、5 章编写，朱品伟负责本书所有插图、表的设计与编排，全书由韩晓新负责统稿并审阅全稿。此外，江苏技术师范学院教务处为本书的编写提供了立项资助，编者在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不少遗漏和错误之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 可编程序控制器概述..... 1

- 1.1 可编程序控制器的分类及特点 1
- 1.2 可编程序控制器的组成和工作原理 3
- 1.3 三菱产品概述 8
- 1.4 FX 系列 PLC 的编程器件 12
- 习题 25

第2章 基本逻辑指令..... 26

- 2.1 逻辑取及输出线圈(LD/LDI/OUT) 26
- 2.2 触点串联(AND/ANI) 27
- 2.3 触点并联(OR/ORI) 28
- 2.4 串联电路块的并联(ORB) 28
- 2.5 并联电路块的串联(ANB) 29
- 2.6 多重输出电路(MPS/MRD/MPP) 30
- 2.7 主控触点(MC/MCR) 33
- 2.8 自保持与解除(SET/RST) 34
- 2.9 计数器、定时器(OUT/RST) 35
- 2.10 脉冲输出(PLS/PLF) 36
- 2.11 脉冲式触点指令(LDP/LDF/ANP/
ANF/ORP/ORF) 37
- 2.12 逻辑运算结果取反(INV) 40
- 2.13 空操作指令(NOP) 40
- 2.14 程序结束指令(END) 41
- 2.15 编程注意事项 42
- 2.16 编程实例 43
- 习题 52

第3章 状态图与顺控指令 55

- 3.1 状态转移图 55
- 3.2 编程方法 59
- 3.3 状态的详细动作 66
- 3.4 操作方式 68
- 习题 74

第4章 功能指令 75

- 4.1 功能指令通则 75
- 4.2 程序流控制(FNC 00 ~ FNC 09) 83
- 4.3 传送与比较(FNC 10 ~ FNC 19) 90

- 4.4 四则与逻辑运算(FNC 20 ~
FNC 29) 96
- 4.5 循环移位与移位(FNC 30 ~
FNC 39) 101
- 4.6 数据处理(FNC 40 ~ FNC 49) 105
- 4.7 高速处理(FNC 50 ~ FNC 59) 111
- 4.8 方便指令(FNC 60 ~ FNC 69) 116
- 4.9 外部 I/O 设备(FNC 70 ~
FNC 79) 122
- 4.10 外部设备 I/O 功能指令 129
- 4.11 实数处理(FNC 110 ~ FNC 147) 133
- 4.12 点位控制(FNC 155 ~ FNC 159) 139
- 4.13 实时时钟处理(FNC 160 ~
FNC 169) 150
- 4.14 码制转换指令 154
- 4.15 触点比较(FNC 224 ~ FNC 246) 156
- 4.16 编程注意事项 158
- 习题 162

第5章 FX 系列 PLC 的通信方案 164

- 5.1 FX_{2N}—16CCL—M 型 CC—Link 系统
主站块 164
- 5.2 FX_{2N}—32CCL CC—Link 接口
模块 166
- 5.3 FX_{2N}—64C—M 型 CC—Link/NT 系统
主站模块 167
- 5.4 FX_{1N}—232—BD/FX_{2N}—232—BD
RS—232C 通信板 168
- 5.5 FX_{2NC}—232ADP RS—232C 适配器 169
- 5.6 FX_{2N}—232IF RS—232C 通信
接口模块 170
- 5.7 FX_{1N}—485—BD/FX_{2N}—485—BD
RS—232C 通信板 171
- 5.8 FX_{2NC}—485—ADP RS—485C 通信
板适配器 172
- 5.9 FX—485PC—IF RS—232C/RS—485
转换接口 173
- 5.10 FX_{1N}—422—BD/FX_{2N}—422—BD

RS—422 通信板	174	6.7 命令语言编程	198
5.11 N: N 网络	175	6.8 程序运行	202
5.12 并联	176	第 7 章 可编程序控制器的设计	
5.13 微机链接	177	与应用	205
第 6 章 组态软件控制技术	179	7.1 PLC 控制系统设计的内容与步骤	205
6.1 组态王软件介绍	179	7.2 PLC 的硬件设计	207
6.2 组态王程序设计步骤	180	7.3 PLC 的软件设计	211
6.3 创建新工程	181	7.4 可编程序控制应用举例	215
6.4 定义设备与变量	183	7.5 可编程序控制应用参考选题	249
6.5 制作图形画面	190	参考文献	259
6.6 建立动画连接	194		

第 1 章 可编程序控制器概述

可编程序控制器（Programmable Controller, PC, 后又称为 PLC）是近几年迅速发展并得到广泛应用的新一代工业自动化控制装置。它的产生和发展与继电器有很大的关系。继电器是一种弱电信号控制强电信号的电磁开关，在复杂的继电器控制系统中，故障的查找和排除是非常困难的，如果工艺要求发生变化，就得重新设计电路、连线安装，严重地影响生产。显然，将计算机功能的完备、灵活、通用与继电器控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来，制造一种新型的工业控制装置成为电气控制系统的发展方向。

1969 年，由美国数字设备公司（DEC）研制出第一台可编程序控制器并在 GM 公司汽车生产线上首次应用成功，实现了生产的自动化控制。此后，日本、德国等相继引入可编程序控制器，使之迅速发展起来。这一时期它主要用于顺序控制，虽然也采用了计算机的设计思想，但当时只能进行逻辑运算，故称为可编程序逻辑控制器，简称 PLC（Programmable Logic Controller）。

20 世纪 70 年代后期，随着微电子技术和计算机技术的迅速发展，可编程序控制器在原有逻辑运算的基础上，更多地具有了计算机的功能，不仅用于逻辑编程取代硬连线逻辑，还增加了运算、数据传送和处理等功能，真正成为一种电子计算机工业控制装置，而且做到了小型化和超小型化。这种采用微电脑技术的工业控制装置被简称为 PC，但由于 PC 容易和个人计算机（Personal Computer）混淆，所以人们仍习惯沿用 PLC 作为可编程序控制器的缩写。

PLC 具有可靠性高、编程简单、通用性好并且易于安装维护的优点，它的几种常见的控制类型为逻辑控制、生产监控、模拟量控制、闭环调节控制、大型控制网络。正是由于它的这些控制功能使其被广泛应用于冶金、化工、机械、印刷、电子、电力、建筑建材、交通等几乎所有的工业控制领域。

1.1 可编程序控制器的分类及特点

PLC 的种类很多，其实现的功能、内存容量、控制规模、外形等方面均存在较大的差异。因此，PLC 的分类并没有一个严格的统一标准，而是按结构形式、控制规模、实现的功能、生产地域等大致进行分类。

1. 按结构形式分类

PLC 按照硬件的结构形式可以分整体式和组合式。整体式 PLC 外观是一个长方形箱体，又称为箱式 PLC。组合式 PLC 在硬件构成上具有较高的灵活性，其模块可以像积木木似的进行组合，构成具有不同控制规模和功能的 PLC，因此这种 PLC 又称为积木式 PLC。

（1）整体式 PLC

整体式 PLC 的 CPU、存储器、I/O 安装在同一机体内（如三菱的 FX 系列），其特点是：结构简单、体积小、价格低。

(2) 组合式 PLC

组合式 PLC 为总线结构。其总线做成总线板，上面有若干个总线槽，每个总线槽上可安装一个 PLC 模块，不同的模块实现不同的功能。PLC 的 CPU、存储器和电源等做成一个模块，该模块在总线板上的位置一般来说是固定的，而且该模块也是构成组合式 PLC 所需的。其他模块可根据 PLC 的控制规模、实现的功能进行选取，安装在总线的其他任一总线槽上。组合式 PLC 的总线板又称为基板。其特点是：系统构成灵活性较高，可构成具有不同控制规模和功能的 PLC，价格较高。

2. 按控制规模分类

I/O 点数是衡量 PLC 控制规模的重要参数。因此，PLC 按控制规模可分为小型 PLC、中型 PLC 和大型 PLC。

- (1) 小型 PLC I/O 点数在 256 点以下。
- (2) 中型 PLC I/O 点数在 256 ~ 2 048 点之间。
- (3) 大型 PLC I/O 点数在 2 048 点以上。

3. 按实现的功能分类

按照 PLC 所能实现的功能不同，可以把 PLC 大致分为低档 PLC、中档 PLC 和高档 PLC 三类。

- (1) 低档 PLC 具有逻辑运算、计时、计数、移位、自诊断、监控等基本功能，还具有一定的算术运算、数据传输，以及比较、通信、远程和模拟量处理功能。
- (2) 中档 PLC 除了具有低档 PLC 的功能外，还具有较强的算术运算、数据传输和比较、数据转换、远程、通信、子程序、中断处理和回路控制功能。
- (3) 高档 PLC 除了具有中档 PLC 的功能外，还具有带符号的算术运算、矩阵运算、函数、表格、CRT 显示、打印等功能。

4. 按生产地域分类

目前，PLC 产品按地域可分成三大类：美国、欧洲和日本产品。美国和欧洲的 PLC 技术是在相互隔离情况下独立研究开发的，产品有明显的差异性；日本的 PLC 技术是从美国引进的，对美国的 PLC 产品有一定的继承性。但是，日本的主推产品定位在小型 PLC 上，而欧美以大中型 PLC 为主。

我国从 1974 年也开始研制 PLC，1977 年研制成功了以微处理器 MC14500 为核心 PLC，并开始工业应用。令人遗憾的是，国产 PLC 始终没有突破性的发展，占有市场份额很小。

(1) 美国 PLC 产品

美国是 PLC 生产大国，有 100 多家 PLC 生产厂商，其中著名的有 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，其产品约占美国 PLC 产品市场的一半。

(2) 欧洲 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。德国西门子的电子产品以性能精良而久负盛名，在中、大型 PLC 产品领域与美国的 A-B 公司齐名。

(3) 日本 PLC 产品

日本的小型 PLC 最具特色，某些需要用欧美的中型机或大型机才能实现的控制，日本

的小型机就可以解决。在开发复杂的控制系统方面明显优于欧美的小型机，所以十分受用户欢迎。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 PLC 市场上，日本产品约占有 70% 的份额。

1.2 可编程序控制器的组成和工作原理

PLC 的种类很多，但其组成的一般原理基本相同，其实质是一个新型的工业控制计算机。本书以三菱 FX 系列的 PLC 为例进行讲述，以后不再说明。

1.2.1 可编程序控制器的硬件组成

PLC 主要由单板机、I/O 接口、电源、扩展接口、编程器接口、存储器接口和编程器组成，其结构框图如图 1-1 所示。

1. 单板机

PLC 的单板机即为 CPU 板，它包括一台基本计算机必须的部件：中央处理器（CPU）、存储器（RAM、ROM）、并行接口（PIO）、串行接口（SIO）、时钟（CTC）。它的作用是对整个 PLC 的工作进行控制，工作分两部分：一部分是对系统进行管理，如自诊断、查错、信息传送时钟、计数刷新等；另一部分就是根据用户程序执行输入/输出操作、程序解释执行操作等。

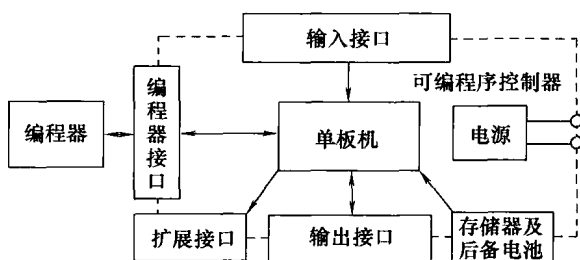


图 1-1 可编程序控制器的硬件结构框图

单板机中的 CPU 主要采用通用微处理器、单片机和双极行位片式微处理器三种类型。常用的通用微处理器有：8 位微处理器，如 Z80A、8085、M6800、M6809 等；16 位微处理器，如 8086、M68000 等。常用的单片机有 8039、8031、M6801 等。常用的双极行位片式微处理器有 AMD2900、AMD2903 等。PLC 的档次越高，CPU 的位数也越多，功能指令也越强。FX_{2N} 系列的 PLC 使用的微处理器是 16 位的 8096 单片机。

单板机中的存储器主要用于存储系统监控程序及系统数据，并且用于生成用户环境。其容量的大小取决于系统的工作能力和系统程序的质量。

串行接口和并行接口用于 CPU 与接口器件交换信息，它的数量取决于系统规模的大小。

单板机中的定时器/计数器用于产生系统时钟及用户时钟信息。这里我们要注意，在一台单板机中，CTC 的数量是有很多的，但经过系统监控程序的处理，可以产生几十个甚至数百个相对独立的计数器和定时器。

PLC 用于存储用户程序及参数的存储器有三种类型。一种是 RAM，通常都是 CMOS 型的，耗电极微。在 PLC 中通常都用锂电池作后备，这样在失电时不会损坏程序，在调试时很方便。为了防止偶然操作失误而损坏程序，还可采用 EPROM 或 EEPROM，在程序调试完成后就可以固化。但 EPROM 的缺点是写入时必须用专用的写入器，擦除时要用专用的擦除器，这对于用户是很不方便的。因此，最近的发展是采用电可擦除只读存储器（EEPROM），它的写入和擦除只需用编程器即可，而不再需要其他的装置。

2. I/O 接口

I/O 接口是 PLC 与现场 I/O 设备或其他外部设备之间的连接部件。PLC 通过输入接口把外部设备的状态或信息读入 CPU，用户程序运算与操作后，把结果经输出接口传送给执行机构。输入接口对输入信号进行滤波、隔离、电平转换等，把输入信号的逻辑安全可靠地输入到 PLC 的内部。输出接口是把程序执行的结果输出到 PLC 的外部，输出接口具有隔离 PLC 内部电路和外部执行元件的作用，还具有功率放大的作用。

(1) 输入接口电路

各种 PLC 的输入接口电路大都相同，通常有两种形式：一种是直流输入，其输入器件可以是无源触点或传感器的集电极开路晶体管，它又进一步分为源型（共“+”端）和漏型（共“-”端）；另一种是交流输入，这实际上是将交流信号经整流、限流后再通过光耦合器传入 CPU。

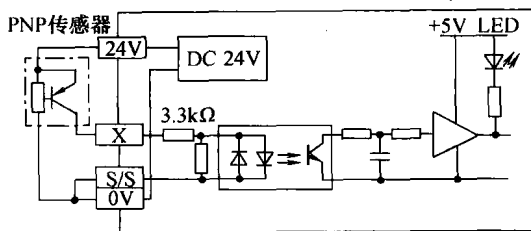


图 1-2 FX 系列 PLC 输入电路

图 1-2 所示是 FX 系列 PLC 的输入电路（包括 RUN 输入）的例子。此例为直流源型，它包括如下几部分内容。

1) 输入端子

当电流通过输入端子时，输入信号接通。公共端为“+”的是源型；公共端为“-”的是漏型。对于源型机，将 S/S 端与 0V 相连；对于漏型机，将 S/S 端与 24V 连接。输入信号为 ON 时输入指示灯亮。所有输入的公共端是 S/S 端子（而不是接地端）。

2) 输入电路

输入电路的一次电路与二次电路用光耦合器隔离。二次电路中设有 RC 滤波器，这是为防止由于输入触点的颤振、输入线混入的噪声引起误动作而设计的。因此，外部输入从 ON 到 OFF 或从 OFF 到 ON 变化时，PLC 内部有约 10ms 的响应滞后。

3) 输入灵敏度

PLC 的输入为 DC 24V 7mA。引起输入动作的最小电流为 2.5 ~ 3mA，但为了确实启动，必须取 4.5mA 以上。为了确实切断，必须取 1.5mA 以下。

4) 传感器用外部电路

PLC 的输入电流是由 PLC 内部的 DC 24V 电源供给的，因此，光电开关等传感器用外部电源驱动时，该外部电源须为 DC 24V ± 4V，传感器的输出晶体管须为 PNP 型集电极开路型（对于源型）或 NPN 型集电极开路型（对于漏型）。

(2) 输出接口电路

输出通常有三种形式：一种是继电器输出型，CPU 接通继电器的线圈，继而吸合触点，而触点与外线路构成回路；另一种是晶体管输出，它是通过光耦使开关晶体管通断以控制外电路；再一种就是晶闸管输出型，这里的晶闸管是采用光触发型的。

1) 公共点

输出端子有两种接法：一种输出是各自独立的（无公共点）；另一种为每 4 ~ 8 个输出点构成一组，共用一个公共点。在输出共用一个公共端子范围内，必须用同一电压类型和同一电压等级，但不同的公共点组可使用不同电压类型和等级（如 AC 200V、AC 100V、DC

24V 等) 的负载。各输出公共点之间是相互隔离的。

2) 电路隔离

继电器输出型是利用输出继电器的触点和线圈, 将 PLC 的内部电路与外部负载电路进行电气隔离; 固态继电器 (SSR) 输出型是在 PLC 的内部电路与输出器件 (三端双向晶闸管开关器件) 之间用光敏晶闸管进行隔离; 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。

3) 响应时间

继电器型响应时间最长, 从输出继电器的线圈通电或断电到输出触点 ON 或 OFF 的响应时间均为 10ms。SSR 型和晶体管型的响应时间都很短, SSR 型从光敏晶闸管驱动 (或断开) 到输出三端双向晶闸管开关器件 ON (或 OFF) 的时间为 1ms 以下, 晶体管型从光耦合器动作 (或关断) 到晶体管 ON (或 OFF) 的时间为 0.2ms 以下 (在 24V 20mA 时)。

4) 输出电流

FX 系列 PLC 输出接口电路如图 1-3 所示。

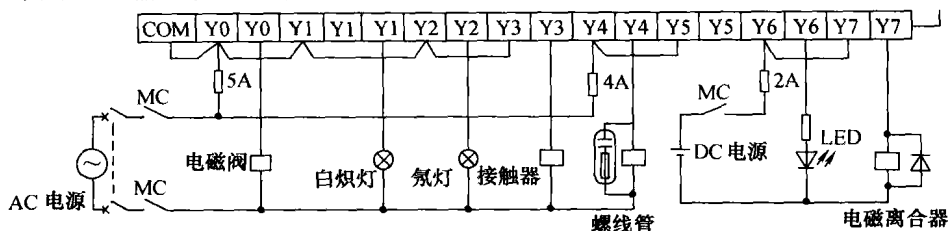


图 1-3 FX 系列 PLC 输出接口电路

继电器型在 AC 250V 以下电路电压时可驱动负载为: 纯电阻负载 2A/1 点; 感性负载 80V · A 以下 (AC 100V 或 AC 200V); 灯负载 100W 以下 (AC 100V 或 AC 200V)。

驱动感性负载时, 容量越大, 触点寿命就越短。另外, 根据输出触点的不同, 直流感性负载启闭时, 要将该负载与并联分流二极管连接, 最大电压要在 DC 30V 以下。

SSR 型每点的输出电流最大为 0.3A, 但是, 为了防止温度上升, 每 4 点的总电流必须在 0.8A 以下 (1 点平均 0.2A)。浪涌电流大的负载, 开关次数频繁时, 电流有效值要取 0.2A 以下。

晶体管型每个输出点可有 0.5A 电流。但是, 因有温度上升的限制, 每 4 点输出总电流不得大于 0.8A (1 点平均 0.2A)。因为输出晶体管的通态电压降约为 1.5V, 所以驱动半导体器件等时, 要考虑这 1.5V 的压降。

5) 开路漏电流

继电器型输出触点 OFF 时没有漏电流。

SSR 型输出端子处接有关断用 C—R 吸收电路, 故有开路漏电流 (1mA/AC 100V, 2mA/AC 200V), 可能引起微小电流负载的误动作, 所以负载应在 0.4V · A/AC 100V, 1.6V · A/AC 200V 以上。若小于该指标或接灯负载时, 还应并接浪涌电流吸收电路。

SSR 输出型与继电器输出相比, 有较大的开路漏电流, 它能使 MY—1、LY—2 等小型继电器保持动作, 使用时应加以注意。晶体管输出型的开路漏电流在 100μA 以下。

3. 电源

PLC 的供电电源是 AC 220V, 也有用 DC 24V 供电的。PLC 对电源稳定度要求不高, 内

部有开关式稳压电源, 电源的交流输入端一般有尖峰脉冲吸收电路, 以提高抗干扰能力。允许电源电压在额定值 $-15\% \sim 10\%$ 的范围内波动。现在大部分 PLC 电源部分还有 DC 24V 输出, 用于对外部传感器等供电, 但电流一般都不超过 100mA。

4. 扩展接口

扩展接口是用于扩展 I/O 单元的, 它使 PLC 的点数规模配置更为灵活。这种扩展接口实际上为总线形式, 或以配接开关量的 I/O 单元, 也可配置如模拟量、高速脉冲等单元以及通信适配器等。在大型机中, 扩展接口为插槽扩展基板的形式。

5. 编程器接口

PLC 本体上通常是不带编程器的。为了能对 PLC 编程及监控, PLC 上专门设置有编程器接口, 通过这个接口可以连接各种形式的编程装置, 还可以利用此接口做一些监控的工作。

6. 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。

7. 编程器

上面所述都是 PLC 本体上的电路。对于正常使用来说, 通常不需编程器, 因此, 编程器设计为独立的部件。编程器的层次很多, 性能、价格都相差很悬殊。

最简单的编程器至少包括一个键盘、一些数码字符显示器。这里的键盘不是单板机上的那种键盘, 而是直接表示 PLC 指令系统的键盘, 因而使用很方便; 其显示部分包括三部分, 即序号、指令码和元件号 (在讲指令系统时详述)。它具有输入编辑、检索程序的功能, 同时还具有系统监控的功能; 有些还设有存储转接插口, 用于将 PLC 中的程序转储到诸如盒带、软盘光盘等存储介质中去。

这种最简单的编程器的缺点是无法以梯形图图形的方式输入并编辑程序和监控运行。因此, 层次稍高的编程器上就设置了一小块液晶显示器, 用于图形编辑、监控。这种编程器对于习惯于使用梯形图的人员来说, 无疑方便了许多。

对于较复杂的控制电路图, 用这种小型的图形编程器显示就非常不方便。因此, 再上一个层次的编程器是通用的大型液晶显示屏编程器。它的功能相当于一台独立的专用计算机, 为了便于现场使用, 将它设计得非常轻巧, 它采用更换程序存储器的方法更换系统程序。这种编程器可脱机独立编辑程序, 与 PLC 联机后可将程序写入/读出 PLC, 并且可以监控运行, 还具有打印机接口、录音机接口等外设接口。

为了进一步完善功能, 近来开发了不少功能极强的专用图形编程器。这种编程器就像一台便携式计算机, 本身带有 CRT。软盘驱动器, 还有许多接口 (如打印机接口、串行接口等), 程序编辑功能也极强。它还可以作为工作站使用, 即把它挂在 PLC 网络上, 对各站进行监控、管理、调试等。

1.2.2 可编程序控制器的软件系统和编程语言

PLC 是一种工业控制计算机, 不仅有硬件, 软件也是必不可少的。在 PLC 中软件分为两大部分, 即系统程序和用户程序。

1. 系统程序

系统程序是 PLC 赖以工作的基础,采用汇编语言编写,在 PLC 出厂时就已固化于 ROM 型系统程序存储器中,不需用户干预。系统程序分为系统监控程序和解释程序。系统监控程序用于监视并控制 PLC 的工作,如诊断 PLC 系统工作是否正常,对 PLC 各模块的工作进行控制,与外设交换信息。根据用户的设定使 PLC 处在编制用户程序的状态或者处在运行用户程序状态等,解释程序用于把用户程序解释成微处理器能执行的程序。当 PLC 处在运行状态时,系统监控程序启动解释程序,解释程序将用户利用梯形图或语句表编制的用户程序编译成处理器可以执行的由指令组成的程序,处理器执行这些处理后的程序来完成用户的控制任务。与此同时,系统监控程序对这一过程进行监控并控制,如发现异常立即进行报警并做出相应的处理。

2. 用户程序

用户程序又称为应用程序,是用户为完成某一特定任务利用 PLC 的编程语言而编制的程序。用户程序通过编程器输入到 PLC 的用户存储器中,通过 PLC 的运行而完成这一特定的任务。

3. 编程语言

各种型号的 PLC 都有其自己的编程语言,以三菱 FX 系列 PLC 为例主要有以下几种。

(1) 指令表编程语言

指令表编程语言是以 LD、AND、OUT 等基本指令或功能指令助记符输入的方法。

例如:步	指令	软器件号
0	LD	X000
1	OR	Y005
2	ANI	X002
3	OUT	Y005
4	LD	X001
5	MOV	K5 DO
10	END	

这种以列表形式表示的程序,控制内容难以看懂,但如果使用简易编程器(手编)输入程序时,必须以这种方法输入。

(2) 梯形图编程语言

梯形图编程语言是类似于继电器控制电路的一种编程语言,它面向控制过程,直观易懂,是 PLC 编程语言中用得最多的一种语言。

(3) SFC 顺序功能图编程语言

SFC 顺序功能图编程语言是应用步进指令和状态器进行编程的方法,一般是在顺序控制时应用。在应用步进指令编程时,一般先根据控制要求画出 SFC 流程图(详见本书第 3 章),再根据流程图转化成梯形图。

以上这三种程序表达方式可以互相转换。

1.2.3 可编程序控制器的工作方式

PLC 采用循环扫描的工作方式,整个工作过程可以分为输入处理、程序处理、输出处理三个阶段。工作过程如图 1-4 所示。

1. 输入处理

程序执行前，PLC 的全部输入端子的通/断状态读入输入映像寄存器。在程序执行中，即使输入状态变化，输入映像寄存器的内容也不变，直到下一扫描周期的输入处理阶段才读入该变化。另外，输入触点从通（ON）到断（OFF）〔或从断（OFF）到通（ON）〕变化到处于确定状态为止，输入滤波器还有一响应延迟时间（约 10ms）。

2. 程序处理

对应用户程序存储器所存的指令，从输入映像寄存器和其他软元件的映像寄存器中将有关软元件的通/断状态读出，从 0 步开始顺序运算，每次结果都写入有关的映像寄存器中。因此，各软元件（X 除外）的映像寄存器的内容随着程序的执行在不断变化。

输出继电器的内部触点的动作由输出映像寄存器的内容决定。

3. 输出处理

全部指令执行完毕，将输出 Y 的映像寄存器的通/断状态向输出锁存寄存器传送，成为 PLC 的实际输出。PLC 内的外部输出触点对输出软元件的动作有一个响应时间，即要有一个延迟才动作。以上的方式称为成批输入/输出方式（或刷新方式）。

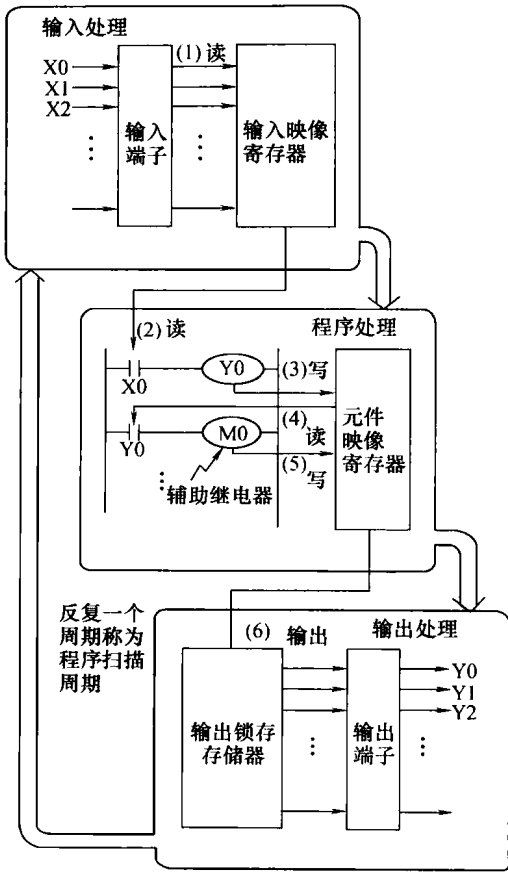
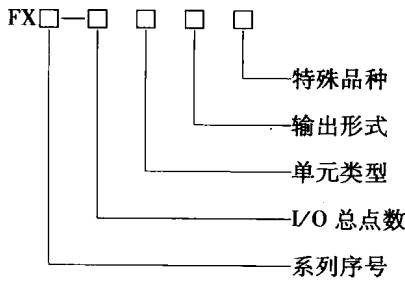


图 1-4 PLC 的工作过程

1.3 三菱产品概述

1.3.1 FX 系列 PLC 型号命名方式

FX 系列 PLC 型号命名的基本方式为



系列序号: 1S、1N、2N、2NC, 即 $\text{FX}_{1\text{S}}$ 、 $\text{FX}_{1\text{N}}$ 、 $\text{FX}_{2\text{N}}$ 、 $\text{FX}_{2\text{NC}}$ 。

I/O 总点数: 14~256 点。

单元类型: M—基本类型。

E—I/O 混合扩展单元及扩展模块。

EX—输入专用扩展模块。

EY—输出专用扩展模块。

输出形式: R—继电器输出。

T—晶体管输出。

S—晶闸管输出。

特殊品种: D—DC 电源, DC 输入。

A1—AC 电源, AC 输入。

H—大电流输出扩展模块 (1A/点)。

V—立式端子排的扩展模块。

C—接插口 I/O 方式。

F—输入滤波器 1ms 的扩展模块。

L—TTL 输入型扩展模块。

S—独立端子 (无公共端) 扩展模块。

若特殊品种一项无符号, 通常指: AC 电源, DC 输入, 模式端子排, 继电器输出 2A/点, 晶体管输出 0.5A/点, 晶闸管输出 0.3A/点。

1.3.2 FX 系列 PLC 概述

FX 系列 PLC 包括 $\text{FX}_{1\text{S}}$ 、 $\text{FX}_{1\text{N}}$ 、 $\text{FX}_{2\text{N}}$ 、 $\text{FX}_{2\text{NC}}$ 。各型号的 PLC 在性能上都有所区别, 了解各型号 PLC 的特点和性能是选择 PLC 的前提条件。

1. $\text{FX}_{1\text{S}}$ 系列 PLC

$\text{FX}_{1\text{S}}$ 系列 PLC 是一种卡片大小的 PLC, 适合在小规模环境中进行控制。

(1) 特点

- ①控制点数为 10~30 点 (主单元: 10 点、14 点、20 点、30 点)。
- ②结构紧凑, 性价比高。显示模块和扩展板使系统升级变得很容易。
- ③高速运算。基本指令是 $0.55 \sim 0.7 \mu\text{s}$ /指令, 应用指令是 $3.7 \mu\text{s}$ /指令至几百 μs /指令。
- ④具有可靠的、大规模的寄存器规格。EEPROM 寄存器达 2 000 步。
- ⑤丰富的器件资源。辅助继电器 512 点、定时器 64 点、计数器 32 点、数据寄存器 256 点。

(2) 功能

- ①具有实时时钟功能。使用标准型号的实时时钟, 满足对时间的应用要求。
- ②连网能力。串行扩展板通过 RS-232、RS-422 或 RS-485 使连网更容易。
- ③电源使用范围很宽。世界上任何地方的标准电压都适合, 也可以使用直流电源。
- ④基于 Windows 软件。使用 GX-Developer 或 FX-PCS/Win-C 软件能快速、容易地开发程序。
- ⑤脉冲输出和定位功能。一个 PLC 单元中每相能同时输出 2 点 100kHz 脉冲。PLC 配备

有 7 条特殊的定位指令, 包括零返回、绝对位置读出、绝对或相对地址表达方式以及特殊脉冲输出控制等。

⑥模拟电位器。使用模拟电位器 VR_1 、 VR_2 能容易地改变模拟量或定时器的值。

⑦密码保护。使用一个 8 位数密码保护程序。

⑧远程维护。通过调制解调器通信, 可以监测、上传或下载程序和数据到远处的编程软件上。

2. FX_{1N} 系列 PLC

选用 FX_{1N} 系列 PLC 是一种被选用较多的产品, 最多可达 128 点控制, 并且能增加特殊功能模块或扩展板。通信和数据链接功能选项使得 FX_{1N} 在体积、通信、特殊功能模块和能源控制等重要的应用方面非常完美。

(1) 特点

①控制点数为 14 ~ 128 点 (主单元: 14 点、40 点、60 点)。

②结构紧凑, 性价比高。显示模块和扩展板使系统升级变得很容易。

③具有可靠的、大规模的寄存器规格。EEPROM 寄存器达 8 000 步, 便于电池安装, 维护也很方便。

④丰富的器件资源。辅助继电器 1 536 点、定时器 256 点、计数器 235 点、数据寄存器 8 000 点。

(2) 功能

①实时时钟功能。使用标准型号实时时钟, 功能满足对时间的应用要求。

②网络能力。完全补充的网络模块使数据通信更容易。

③电源使用范围很宽。适合世界上任何地方的标准电压, 可以使用直流电源。

④增加了过程控制。在系统要求精确控制时使用 PID 指令。

⑤特殊功能模块。增加了大量的特殊功能模块满足单个需要。

⑥基于 Windows 软件。使用 GX-Developer 或 FX-PCS/Win-C 软件能快速、容易地开发程序。

⑦模拟电位器。使用模拟电位器 VR_1 、 VR_2 能容易地改变模拟量或定时器的值。

⑧脉冲输出和定位功能。一个 PLC 单元中每相能同时输出 2 点 100kHz 脉冲。PLC 配备有 7 条特殊的定位指令, 包括零返回、绝对零、绝对或相对驱动以及特殊脉冲输出控制等。

⑨密码保护。使用一个 8 位数密码保护程序。

⑩远程维护。通过调制解调器通信可以监测、上传或下载程序和数据到远处的编程软件上。

3. FX_{2N} 系列 PLC

FX_{2N} 系列 PLC 是 FX 系列中最高级的产品, 它拥有极快的运算速度、高级的功能、逻辑组件以及定位控制等优势。

(1) 特点

①控制点数为 16 ~ 256 点 (主单元: 16 点、32 点、48 点、65 点、80 点、128 点)。

②灵活的配置。除了具有满足特殊要求的大量特殊功能模块外, 6 个基本 FX_{2N} 单元中的每一个单元可扩充到 256 点的 I/O。

③高速运算。基本指令 $0.08\mu s$ /指令, 应用指令 $1.52\mu s$ /指令至几百 μs 指令。

④突出的寄存器容量。FX_{2N}系列包括 8 000 步内置 RAM 寄存器, 用一个寄存器盒可扩充到 16 000 步 RAM 或 EEPROM。

⑤丰富的器件资源。辅助继电器 3 072 点、计时器 256 点、计数器 235 点、数据寄存器 8 000 点。

(2) 功能

①实时时钟功能。使用标准型号实时时钟, 功能满足对时间的应用要求。

②增加了过程控制。使用 FX_{2N} 的 PID 指令或 FX_{2N}-2LC 温控模块可以实现过程控制。

③特殊功能模块。增加了大量的特殊功能模块满足单个需要, FX_{2N} 主单元可配置 8 个特殊功能模块, 为工厂自动化应用提供很大的灵活性和很强的控制能力。

④网络能力。可以连接到世界上最流行的开放式网络 (CC-Link、Profibus DP 和 DeviceNET) 或者采用传感器层次的网络 (如 AS-I 或 I/O Link) 解决通信的需要, 串行通信选项包括 RS-232、RS-422 或 RS-485。完全充足的网络模块使数据通信容易实现。

⑤很强的数学指令集。使用 32 位处理、浮点数、方均根和三角几何指令满足数学功能。

⑥基于 Windows 软件。使用 GX-Developer 或 FX-PCS/Win-C 软件能快速、容易地开发程序。

⑦定位控制功能。通过定位模块 (FX_{2N}-10GM、FX_{2N}-20GM) 或脉冲输出模块 (FX_{2N}-1PG) 最多可达 16 轴的控制。

⑧密码保护。使用一个 8 位数密码保护程序。

⑨远程维护。通过调制解调器通信可以监测、上传或下载程序和数据到远处的编程软件上。

4. FX_{2NC} 系列 PLC

FX_{2NC} 系列 PLC, 是在保留了强大功能的前提下实现了卡片式大小的 PLC。I/O 接口降低了接线成本并节省了空间。

(1) 特点

①控制点数为 16 ~ 256 点 (主单元: 16 点、32 点、64 点、96 点)。

②体积小、灵活的配置。体积小, 可以安装到比标准 PLC 小很多的位置上。基本单元可扩充到 256 点的 I/O, 可以使用高达 4 个特殊功能模块来扩展 FX_{2NC} 的能力。

③高速运算。基本指令 0.08 μs/指令, 应用指令 1.52 μs/指令至几百 μs 指令。

④突出的寄存器容量。FX_{2NC} 系列包括 8 000 步内置 RAM 寄存器, 用一个寄存器盒可扩充到 16KB 步。

⑤丰富的器件资源。辅助继电器 3 072 点、计时器 256 点、计数器 235 点、数据寄存器 8 000 点。

(2) 功能

①实时时钟功能。使用标准型号实时时钟功能, 可以满足对时间的应用要求。

②定位/模拟量控制。可以连接多达 4 个定位/模拟量等特殊功能模块, 利用它内置的功能能控制两轴 (包括插补) 或通过增加扩展单元能控制多轴。

③网络能力。通过连接扩展板或特殊适配器能实现多种通信和数据链接。利用 CC-Link、Profibus DP 和 DeviceNET 可以连接到世界上最流行的开放式网络, 串行通信选项包括 RS-232C、RS-485。数据链接包括 N: N 连接、并行连接、计算机连接及 I/O 连接。

④基于 Windows 软件。使用 GX-Developer 或 FX-PCS/Win-C 软件能快速、容易地开发程序。

⑤密码保护。使用一个 8 位数密码保护程序。

⑥远程维护。通过调制解调器通信可以监测、上传或下载程序和数据到远处的编程软件上。

1.4 FX 系列 PLC 的编程器件

1.4.1 输入/输出继电器 (X/Y)

输入/输出继电器 (X/Y) 电路如图 1-5 所示。

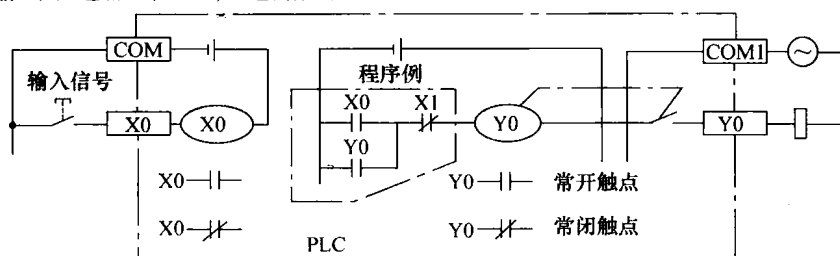


图 1-5 输入/输出继电器 (X/Y) 电路

1. 输入继电器 (X0 ~ X7, X10 ~ X17, X20 ~ X27, ...)

PLC 的输入端子是从外部开关接收信号的窗口。与输入端子连接的输入继电器 (X) 是光电隔离的电子继电器，其常开触点 (a 触点) 和常闭触点 (b 触点) 的使用次数不限。这些触点在 PLC 内可以自由使用。

FX_{2N} 的输入继电器最多可达 256 点，且不能用程序驱动。

2. 输出继电器 (Y0 ~ Y7, Y10 ~ Y17, Y20 ~ Y27, ...)

PLC 的输出端子是向外部负载输出信号的窗口。输出继电器的外部输出触点 (继电器触点、双向晶闸管 VTH、晶体管等输出元件) 接到 PLC 的输出端子上。输出继电器的电子常开和常闭触点使用次数不限，在 PLC 中可自由使用；但外部输出触点 (输出元件) 与内部触点的动作有所不同。

FX_{2N} 的输出继电器最多可达 256 点。

扩展单元和扩展模块的输入/输出元件号是接续着其紧靠的单元，开始采用八进制编号。输入、输出虽然各有 256 点，但总点数不可超过 256 点。

1.4.2 辅助继电器 (M)

PLC 内有很多辅助继电器。辅助继电器的线圈与输出继电器一样，由 PLC 内各软元件的触点驱动。辅助继电器的电子常开和常闭触点使用次数不限，在 PLC 内可以自由使用。但是，这些触点不能直接驱动外部负载，外部负载的驱动必须由输出继电器来完成。

在逻辑运算中经常需要一些中间继电器用于辅助运算。这些元件不直接对外输入、输