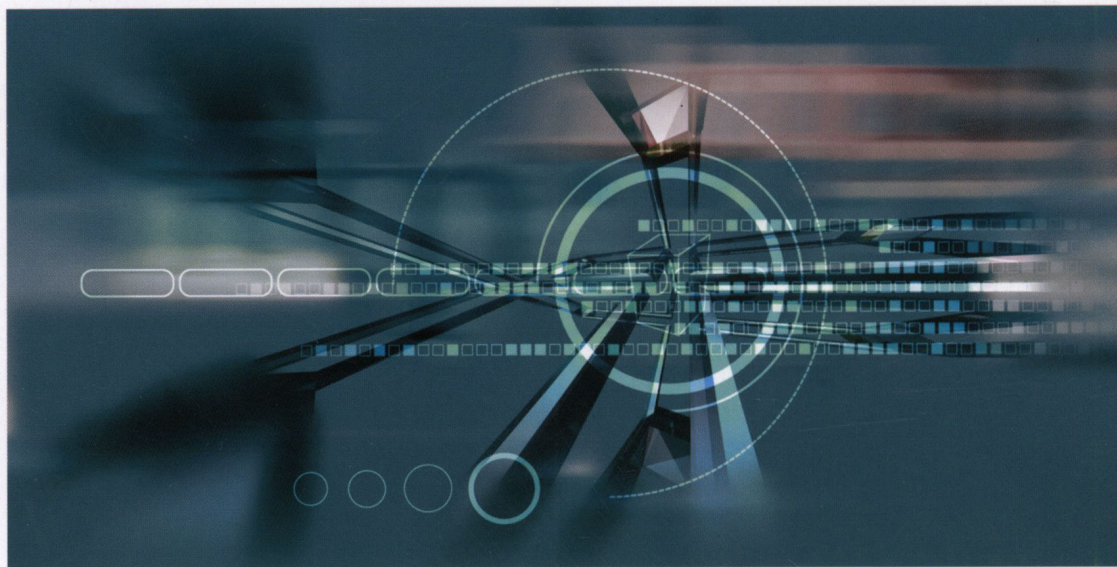


PLC实用技术教程

# 从基础到实践

## ——PLC与组态王



韩晓新 主 编  
邢绍邦 副主编  
刘海燕



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

PLC 实用技术教程

# 从基础到实践——PLC 与组态王

韩晓新 主 编  
邢绍邦 副主编  
刘海燕



机械工业出版社

本书从工程实践的角度出发, 强调基础、重视应用。本书简单介绍了可编程序控制器 (PLC) 的来源、现状及发展, 并以当前国内外最具代表性的 PLC——三菱 FX 系列为例, 介绍了其类型、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、编程方法及基于 PLC 与组态王等组态软件的系统开发等知识, 通过实训项目对组态王软件的具体应用给出全程指导, 介绍了 PLC 控制系统的设计及编程方法, 并附有习题和实例参考。

本书可作为普通高等教育电气工程与自动化 (应用型本科) 规划教材, 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新技术应用的入门教材。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

从基础到实践: PLC 与组态王/韩晓新主编. —北京: 机械工业出版社, 2011. 6

(PLC 实用技术教程)

ISBN 978-7-111-34776-7

I. ①从… II. ①韩… III. ①可编程序控制器 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 093651 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: 王欢 责任编辑: 赵玲丽

版式设计: 张世琴 责任校对: 肖琳

封面设计: 赵颖喆 责任印制: 乔宇

三河市国英印务有限公司印刷

2016 年 11 月第 1 版第 1 次印刷 184mm × 26

0mm · 18.25 印张 · 449 千字

5401—6600 册

标准书号: ISBN 978-7-111-34776-7

定价: 49.80 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

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

众所周知，可编程序控制器（Programmable Logic Controller, PLC）的应用是自动化控制领域的核心技术之一，自产生以来，经过 40 多年的不断发展，特别是随着半导体芯片技术、计算机技术和数字化控制理论的发展，PLC 技术日益成熟，功能日益强大，可靠性不断提高，已越来越受到人们的重视。由于 PLC 系统构成简单、配置灵活、编程方便、可靠性高，能适用于不同类型的控制对象和各种复杂环境，已经在自动化控制领域获得了非常广泛的应用。因此，学习和掌握 PLC 应用技术已成为工程技术人员和电气信息类专业学生的基本需求和紧迫任务。鉴于上述原因，目前大专院校机械、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，因此常常造成教材的内容和企业、学校教学专用设备脱节，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的 PLC 资料，选择了非常有代表性的日本三菱 FX 系列 PLC，介绍其原理、应用及编程方法。FX 系列 PLC 有多种模块、功能齐全、性能价格比极高，是大专院校购置实验装置较佳的选择。同时，掌握一种型号的 PLC 之后，再选择使用其他型号的 PLC 时也可触类旁通，相互参照。

与此同时，自 20 世纪 80 年代以来，随着自动化技术进步和自动化程度不断提高，自动化系统和设备之间的通信需求也在不断增长，特别是随着计算机网络技术的迅速发展和生产信息化程度的提高，使工控组态软件应运而生。工业控制系统组态技术广义上亦应属于数字仿真范畴，组态王（KINGVIEW）以其丰富的指令集合与友好的视图窗口使控制系统设计者的工作质量和工作效率发生了革命性的飞跃。对于从事系统设计、试验分析、运行维护工作的工程技术人员和电气信息类专业学生来说，掌握该项技术的实现工具——工控组态软件，是非常必要的。

本书主要介绍了三菱 FX 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、基于 PLC 与组态王等组态软件的系统开发等知识。内容上与 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。在以往的教学过程中，综合应用性往往容易被忽视。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 知识有机地联系综合起来，增设的一些实践教学项目可充分培养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 技术与组态软件技术应用领域“零距离上岗”的最终教学目标。

#### IV

本书由江苏技术师范学院韩晓新副教授任主编并负责编写第1、4、9章，副主编邢绍邦讲师负责编写第5、6章，副主编刘海燕讲师负责编写第2、3章，于冬梅讲师负责编写第7章，吴晓庆讲师负责编写第8章，朱品伟讲师负责本书所有插图、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 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 三菱公司产品概述	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)	32
2.8 自保持与解除 (SET/RST)	33
2.9 计数器、定时器 (OUT/RST)	34
2.10 脉冲输出 (PLS/PLF)	35
2.11 脉冲式触点指令 (LDP/LDF/ANDP/ANDF/ORP/ORF)	36
2.12 逻辑运算结果取反 (INV)	38
2.13 空操作指令 (NOP)	39
2.14 程序结束指令 (END)	40
2.15 编程注意事项	40
2.16 编程实例	41
习题	49
第 3 章 状态图与顺控指令	52
3.1 状态转移图	52
3.2 编程方法	56
3.3 状态的详细动作	63
3.4 操作方式	65
习题	70
第 4 章 功能指令	71
4.1 功能指令通则	71
4.2 程序流控制 (FNC 00 ~ FNC 09)	78
4.3 传送和比较 (FNC 10 ~ FNC 19)	84
4.4 四则运算与逻辑运算 (FNC 20 ~ FNC 29)	89
4.5 循环移位与移动 (FNC 30 ~ FNC 39)	94
4.6 数据处理 (FNC40 ~ FNC 49)	98
4.7 高速处理 (FNC 50 ~ FNC 59)	103
4.8 方便指令 (FNC 60 ~ FNC 69)	107
4.9 外部 I/O 设备 (FNC 70 ~ FNC 79)	112
4.10 外部设备 I/O 功能指令	118
4.11 实数处理 (FNC 110 ~ FNC 147)	122
4.12 点位控制功能 (FNC 150 ~ FNC 159)	128
4.13 实时时钟处理 (FNC 160 ~ FNC 169)	139
4.14 码制转换指令	143
4.15 触点比较指令 (FNC 224 ~ FNC 246)	145
4.16 编程注意事项	147
习题	150

<b>第 5 章 监控组态软件概述</b> .....	153	7.4 报表的生成 .....	221
5.1 组态软件的含义 .....	153	7.5 系统安全 .....	234
5.2 组态软件的功能和特点 .....	153	<b>第 8 章 组态王与外界的通信</b> .....	239
5.3 组态软件的基本构成 .....	155	8.1 组态王与外部设备通信机制 .....	239
5.4 组态软件的历史与发展方向 .....	157	8.2 组态王中的逻辑设备 .....	241
5.5 常用的组态软件 .....	160	8.3 组态王中的仿真 PLC .....	243
5.6 组态王软件介绍 .....	161	8.4 组态王与 AB PLC 的通信 .....	245
<b>第 6 章 组态王程序设计步骤</b> .....	169	8.5 组态王与西门子 PLC 的 通信 .....	249
6.1 创建新工程 .....	169	8.6 组态王与三菱、欧姆龙等 PLC 的通信概述 .....	252
6.2 定义设备与变量 .....	171	8.7 组态王与单片机之间的连接 .....	252
6.3 制作图形画面 .....	178	8.8 组态王与 DTU 设备的通信 .....	255
6.4 建立动画连接 .....	182	8.9 组态王与数据库连接 .....	265
6.5 命令语言编程 .....	187	<b>第 9 章 PLC 与组态王应用实例</b> .....	273
6.6 程序运行 .....	190	9.1 三层电梯控制系统 .....	273
<b>第 7 章 组态王的深入学习</b> .....	192	9.2 交通信号灯监控系统 .....	281
7.1 报警的配置和使用 .....	192	9.3 结语 .....	284
7.2 曲线的应用 .....	201		
7.3 控件的使用 .....	214		

# 第 1 章 可编程序控制器概述

可编程序控制器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（Programmable Controller），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 的可靠性高、编程简单、通用性好并且易于安装维护。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，组成大型控制网络。正是由于它的这些强大的控制功能，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 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，而是按结构型式、控制规模、实现的功能大致进行分类。

### 1. 按结构型式分类

PLC 按照硬件的结构型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，其模块可以像拼积木那样进行组合，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 安装在同于机体内（如三菱 FX 系列）。其结构的特点是结构简单、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。组合式 PLC 的特点是系统构成较灵活，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，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 ~ 2048 点之间。
- (3) 大型 PLC I/O 点数在 2048 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、数据传送和比较、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、数据传送和比较、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、打印机打印等功能。

## 4. 按生产地域分类

目前，世界上 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 技术是在相互隔离的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 MC14500 微处理器为核心的可编程序控制器，并开始工业应用。令人遗憾的是，国产 PLC 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、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、东芝等公司，在世界小型 PLC 市场上，日本产品约占 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 PLC 为例，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、输入/输出接口、电源、扩展接口和编程器接口等几部分组成，其结构框图如图 1-1 所示。

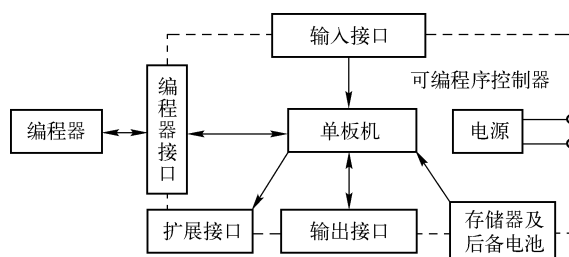


图 1-1 可编程序控制器的硬件结构框图

#### 1. 单板机

可编程序控制器的单板机即为 CPU 板。它包括一台基本计算机必需的部件：中央处理器 CPU，存储器 RAM、ROM，并行接口 PIO，串行接口 SIO，时钟 CTC。单板机的作用是对整个可编程序控制器的工作进行控制。它的工作分为两部分：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。

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。可编程序控制器的档次越高，CPU 的位数也越多，功能指令也就越强。FX<sub>2N</sub> 系列 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及系统程序的质量。

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

单板机中的定时器/计数器是用于产生系统时钟及用户时钟信息的。这里我们要注意，在一台单板机中，CTC 的数量是很有限的，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。

可编程序控制器的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。在可编程序控制器中通常都用锂电池作后备，这样在失电时不会损坏程序，在调试时就方便了。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编程器即可，而不再需要其他装置。

## 2. I/O

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、限流后再通过光耦传入 CPU。

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，它包括如下几部分的内容：

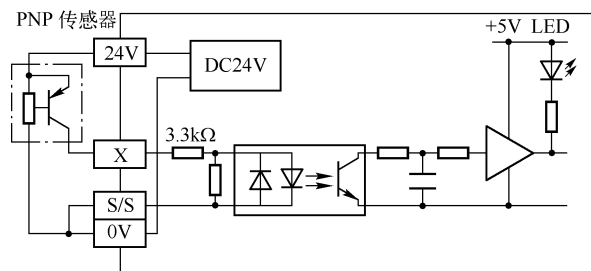


图 1-2 FX 系列 PLC 输入电路

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→OFF 或 OFF→ON 变化时，PLC 内部约有 10ms 的响应滞后。

3) 输入灵敏度：PLC 的输入电流为 7mA（DC24V）。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 集电极开路型（对于源型）或 NPN 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，它是通过光耦合器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 and 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 200 V、AC 100 V、DC 24 V 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；SSR 输出型是在 PLC 的内部电路与输出元件（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：继电器输出型响应时间最长，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 1 ms 以内，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 0.2 ms 以内（在 24 V、20 mA 时）。

4) 输出电流：FX 系列 PLC 输出接口电路如图 1-3 所示。

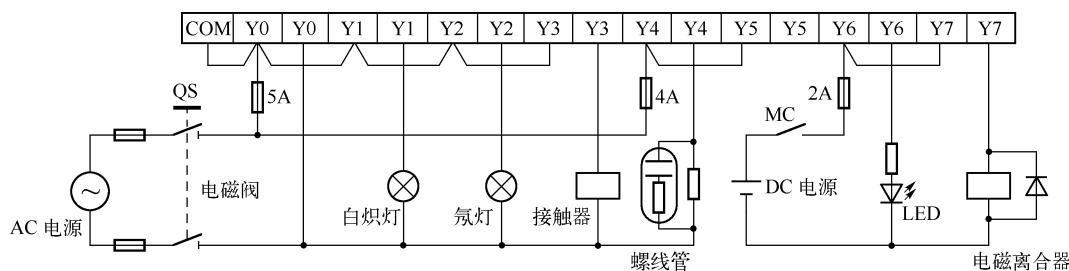


图 1-3 FX 系列 PLC 输出接口电路

继电器型在 AC 250 V 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 80 V · A 以下（AC 100 V 或 AC 200 V）；灯负载 100W 以下（AC 100 V 或 AC 200 V）。

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 30 V 以下。

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

晶体管型每个输出点可有 0.5 A 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 0.8 A（1 点平均 0.2 A）。因为输出晶体管的通态电压降约为 1.5 V，所以驱动半导体器件等时，要考虑这 1.5 V 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 RC 吸收电路，故有开路漏电流（1 mA/AC 100 V，2 mA/AC 200 V），可能引起微小电流负载的误动作，所以负载应在 0.4 V · A/AC 100 V 或 1.6 V · A/AC 200 V 以上。若小于该指标或灯负载时，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 100 μA 以下。

### 3. 电源

PLC 的供电电源是 220 V 交流电，也有用 DC 24 V 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由尖峰脉冲吸收电路，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 24 V 输出，用于对外部传感器等供电，但电流一般都不超过 100 mA。

#### 4. 扩展接口

扩展接口是用于扩展 I/O 单元的，它使可编程序控制器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，或已配接开关量的 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

可编程序控制器本体上通常是不带编程器的。为了能对可编程序控制器编程及监控，可编程序控制器上专门设置有编程器接口，通过这个接口可以接各种形式的编程装置，还可以利用此接口做一些监控工作。

#### 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，可编程序控制器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

上面所述都是可编程序控制器本体上的电路。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，而是直接表示可编程序控制器指令系统的键盘，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，用于将可编程序控制器中的程序转储到诸如盒带、软盘等存储介质中去。

这种编程器的缺点就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，再上一个层次就是通用的大型液晶显示屏编程器。它的功能就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，与可编程序控制器联机后可将程序写入/读出可编程序控制器，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，近来发展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，即把它挂在可编程序控制器网络上，对各站进行监控、管理、调试等工作。

### 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 处在运行方式时，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而利用 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) 顺序功能图编程语言 顺序功能图（SFC）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，可编程序控制器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

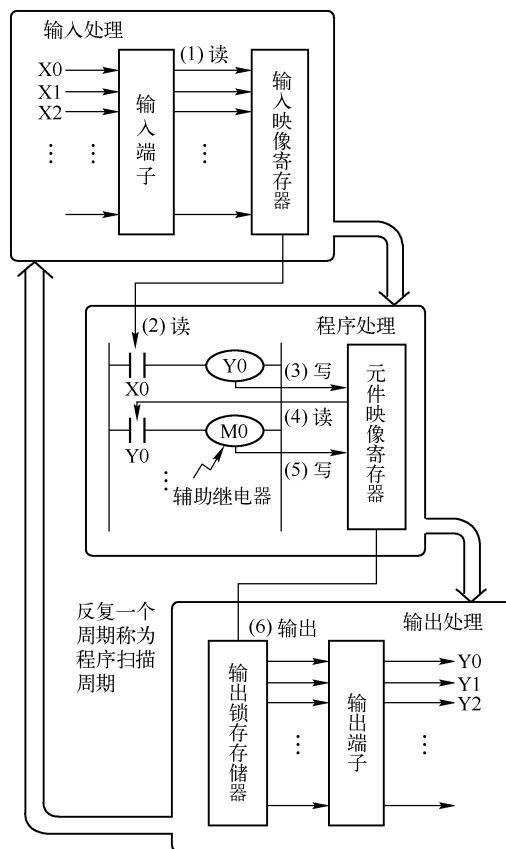


图 1-4 PLC 的工作过程

理阶段才读入这变化。另外，输入触点从通（ON）→断（OFF）〔或从断（OFF）→通（ON）〕变化到处于确定状态为止，输入滤波器还有一段响应延迟时间（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，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，成为可编程序控制器的实际输出。

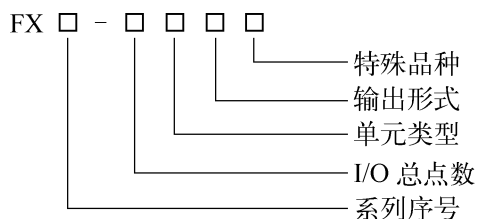
可编程序控制器内的外部输出触点对输出软元件的动作有一个响应时间，即要有一个延迟才动作。

以上方式称为成批输入/输出方式（或刷新方式）。

# 1.3 三菱公司产品概述

## 1.3.1 FX 系列 PLC 型号命名方式

FX 系列 PLC 型号命名的基本格式为



系列序号：1S、1N、2N、2NC，即  $FX_{1S}$ 、 $FX_{1N}$ 、 $FX_{2N}$ 、 $FX_{2NC}$ 。

I/O 总点数：14 ~ 256 点。

单元类型：M 代表基本类型；E 代表 I/O 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：D 代表 DC 电源，DC 输入；A1 代表 AC 电源，AC 输入；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块；C 代表接插口 I/O 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。

若特殊品种一项无符号，说明通常指 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  $FX_{1S}$ 、 $FX_{1N}$ 、 $FX_{2N}$ 、 $FX_{2NC}$  等型号。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 的基本前提。

#### 1. $FX_{1S}$ 型 PLC

$FX_{1S}$  型 PLC 是一种卡片大小的 PLC，适合在小环境中进行控制。

##### (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 ~ 0.7  $\mu\text{s}$ /指令；应用指令是 3.7  $\mu\text{s}$ /指令至几百微秒/指令。
- 4) 具有可靠的、大规模的寄存器规格。EEPROM 寄存器达 2000 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) 联网能力。串行扩展板通过 RS-232、RS-422 或 RS-485 使联网更容易。
- 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<sub>1N</sub>型 PLC

FX<sub>1N</sub>型 PLC 是一种普遍选择方案, 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<sub>1N</sub>型 PLC 在体积、通信和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 A40 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 8000 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, 满足对时钟的应用要求。

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。世界上任何地方的标准电压都适合, 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<sub>1</sub>、VR<sub>2</sub>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<sub>2N</sub>型 PLC

FX<sub>2N</sub>型 PLC 是 FX 系列中最高级的模块, 它拥有无以匹敌的速度、高级的功能、逻辑组件以及定位控制等特点。

### (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<sub>2N</sub>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 μs/指令; 应用指令 1.52 μs/指令至几百微秒/指令。

4) 突出的寄存器容量。FX<sub>2N</sub>型 PLC 包括 8 000 步内置 RAM 寄存器, 用一个寄存器盒可扩充到 1 6000 步 RAM 或 EEPROM。