



三菱FX系列

PLC

完全精通 教程

向晓汉 主 编
王宝银 副主编
郭 琼 主 审



化学工业出版社

三菱FX系列 PLC

完全精通 教程

向晓汉 主 编
王宝银 副主编
郭 琼 主 审



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

三菱FX系列PLC完全精通教程 / 向晓汉主编. —北京:
化学工业出版社, 2012.2

ISBN 978-7-122-13007-5

I. 三… II. 向… III. 可编程序控制器-教材
IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 261207 号

责任编辑: 李军亮

文字编辑: 云 雷

责任校对: 宋 玮

装帧设计: 尹琳琳

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 16 字数 395 千字 2012 年 5 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: 48.00 元

版权所有 违者必究

随着计算机技术的发展,以可编程序控制器、变频器调速和计算机通信等技术为主体的新型电气控制系统已经逐渐取代传统的继电器电气控制系统,并广泛应用于各行业。由于三菱 FX 系列 PLC 具有很高的性价比,因此在工控市场占有比较大的份额,应用十分广泛。

本书内容力求尽可能全面实用,用较多的例子引领读者入门,让读者读完入门部分后,能完成简单的工作。应用部分精选工程应用的实际案例,供读者模仿学习,提高读者解决实际问题的能力。为了使读者能更好地掌握相关知识,我们编写中总结了长期的教学和工程实践经验,并联合企业相关人员,力争使读者通过学习本书就能学会三菱 FX 系列 PLC。

我们在编写过程中,将一些生动的操作实例融入到书中,以提高读者的学习兴趣。本书具有以下特点。

① 用实例引导读者学习,该书的大部分章节精选了典型例子。例如,第 6 章用例子说明现场通信的实现的全过程。

② 重点的例子都包含软硬件的配置方案图、接线图和程序,而且为确保程序的正确性,程序已经在 PLC 上运行通过。

③ 对于比较复杂的例子,配有录像,便于读者学习。

④ 该书内容实用,实例容易被读者进行模仿应用。

本书由向晓汉主编,王宝银副主编,无锡职业技术学院的郭琼副教授任主审。其中第 1、2 章无锡雪浪输送机厂王宝银编写;第 3、4、5、6 章由无锡职业技术学院的向晓汉编写;第 7、8、9 章由无锡雷华科技有限公司的陆彬编写;第 10 章由无锡雪浪输送机厂的刘摇摇编写;第 11 章无锡雷华科技有限公司的欧阳慧编写。

由于编者水平有限,不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

第一部分 基础入门篇

第①章 可编程控制器的结构和工作原理	2
1.1 可编程控制器 (PLC) 的硬件组成	2
1.2 可编程控制器的工作原理	4
1.3 可编程控制器的立即输入、输出功能	6
小结	6
习题	6
第②章 三菱 FX 系列 PLC	8
2.1 三菱可编程控制器简介	8
2.1.1 三菱可编程控制器系列	8
2.1.2 三菱 FX 可编程控制器的特点	9
2.2 三菱 FX 系列 PLC 及其接线	9
2.2.1 FX2N 系列 PLC 模块介绍	9
2.2.2 FX2N 系列 PLC 模块的接线	12
2.2.3 FX3U 系列 PLC 模块介绍	14
2.2.4 FX3U 系列 PLC 模块的接线	17
小结	21
习题	21
第③章 三菱 PLC 的编程软件使用入门	23
3.1 GX Developer 编程软件的安装	23
3.1.1 GX Developer 编程软件的概述	23
3.1.2 GX Developer 编程软件的安装	25
3.2 GX Developer 编程软件的使用	28
3.2.1 GX Developer 编程软件工作界面的打开	28
3.2.2 创建新工程	29
3.2.3 保存工程	30
3.2.4 打开工程	30
3.2.5 改变程序类型	31
3.2.6 程序的输入方法	32
3.2.7 连线的输入和删除	34
3.2.8 注释	34
3.2.9 程序的复制、修改与清除	37
3.2.10 软元件查找与替换	39
3.2.11 常开常闭触点互换	41

3.2.12	程序变换	42
3.2.13	程序检查	42
3.2.14	程序的下载和上传	42
3.2.15	远程操作 (RUN/STOP)	45
3.2.16	在线监视	46
3.2.17	软元件测试	46
3.2.18	设置密码	47
3.2.19	仿真	49
3.2.20	PLC 诊断	50
3.3	用 GX Developer 建立一个完整的项目	50
3.4	GX Works 使用入门	58
3.4.1	GX Works2 的功能	59
3.4.2	GX Works2 的特点	59
3.4.3	GX Works2 的使用简介	59
小结		66
习题		66

第④章 三菱 FX 系列 PLC 的指令系统 67

4.1	编程基础	67
4.1.1	编程语言简介	67
4.1.2	三菱 FX 系列 PLC 内部软组件	69
4.1.3	存储区的寻址方式	75
4.2	三菱 FX 系列 PLC 的基本指令	76
4.2.1	常用基本指令	76
4.2.2	基本指令应用举例	84
4.3	三菱 FX 系列 PLC 的功能指令	91
4.3.1	功能指令的格式	91
4.3.2	传送和比较指令	92
4.3.3	程序流指令	97
4.3.4	四则运算	100
4.3.5	移位和循环指令	104
4.3.6	数据处理指令	105
4.3.7	高速处理指令	108
4.3.8	方便指令	111
4.3.9	外部 I/O 设备指令	113
4.3.10	外部串口设备指令	114
4.3.11	浮点数运算指令	117
4.3.12	触点比较指令	119
4.3.13	功能指令应用实例	120

小结	122
习题	122
第⑤章 步进梯形图及编程方法	126
5.1 功能图	126
5.1.1 功能图的画法	126
5.1.2 梯形图的编程原则和禁忌	129
5.1.3 步进指令	131
5.2 可编程控制的编程方法	132
5.2.1 经验设计法	132
5.2.2 流程图设计法	133
小结	149
习题	149

第二部分 应用提高篇

第⑥章 三菱 FX 系列 PLC 的通信及其应用	154
6.1 三菱 FX 中系列 PLC 通信基础	154
6.1.1 通信的基本概念	154
6.1.2 RS-485 标准串行接口	155
6.1.3 PLC 网络的术语解释	156
6.2 三菱 FX 系列 PLC 的 N:N 网络通信	156
6.2.1 相关的标志和数据寄存器的说明	156
6.2.2 参数设置	157
6.2.3 实例讲解	157
6.3 并行链接通信	158
6.3.1 并行链接通信基础	158
6.3.2 并行链接通信的应用	159
6.4 无协议通信	160
6.4.1 无协议通信基础	160
6.4.2 S7-200 PLC 与三菱 FX 系列 PLC 的无协议通信	162
6.5 计算机链接通信	165
6.5.1 计算机链接通信基础	165
6.5.2 上位机软件编制	167
6.6 CC-LINK 通信	168
6.6.1 CC-LINK 家族	168
6.6.2 CC-LINK 通信的应用	171
小结	175
习题	176

第7章 上位机对三菱 FX 系列 PLC 的监控	177
7.1 简单组态软件工程的建立	177
7.1.1 认识组态软件	177
7.1.2 建立工程	179
7.2 搬运站组态工程的建立	188
7.2.1 变量	188
7.2.2 动画相关	189
7.2.3 命令语言程序	191
7.2.4 创建搬运站工程	194
小结	195
习题	195
第8章 三菱 FX 系列 PLC 的模拟量模块及其应用	196
8.1 三菱 FX 系列 PLC 模拟量输入模块 (A/D)	196
8.1.1 FX2N-2AD 模块	196
8.1.2 FX2N-4AD 模块	199
8.2 三菱 FX 系列 PLC 模拟量输出模块 (D/A)	202
8.2.1 FX2N-2DA 模块	202
8.2.2 FX2N-4DA 模块	204
8.3 三菱 FX 系列 PLC 模拟量模块的应用	207
小结	207
习题	208
第9章 三菱 FX 系列 PLC 在运动控制中的应用	209
9.1 PLC 控制步进电机	209
9.2 PLC 控制伺服系统	211
小结	213
习题	214
第10章 三菱 FX 系列 PLC 在变频调速系统中的应用	215
10.1 变频器基础	215
10.1.1 认识变频器	215
10.1.2 三菱 FR-A740 变频器使用简介	216
10.2 运输站中变频器的应用	222
10.2.1 运输站变频器的控制面板调速	222
10.2.2 运输站变频器的模拟量调速	223
10.2.3 运输站变频器的多段调速	224
10.2.4 运输站变频器的通信调速	226
10.2.5 使用变频器时,电动机正反转控制	235
10.2.6 使用变频器时,电动机制动控制	236
小结	237

习题	237
第⑪章 三菱 FX 系列 PLC 的其他应用技术	238
11.1 三菱 FX 系列 PLC 在过程控制中的应用	238
11.1.1 PID 控制原理简介	238
11.1.2 利用 PID 指令编写过程控制程序	240
11.2 三菱 FX 系列 PLC 在速度测量中的应用	243
小结	244
习题	245
参考文献	246

第一部分

基础入门篇



可编程控制器的结构和工作原理

1.1 可编程控制器（PLC）的硬件组成

可编程控制器种类繁多，但其基本结构和工作原理相同。可编程控制器的功能结构区由 CPU（中央处理器）、存储器和输入模块/输出模块三部分组成，如图 1-1 所示。

（1）中央处理器（CPU）

CPU 的功能是完成 PLC 内所有的控制和监视操作。中央处理器一般由控制器、运算器和寄存器组成。CPU 通过数据总线、地址总线和控制总线与存储器、输入输出接口电路连接。

（2）存储器

在 PLC 中使用两种类型的存储器：一种是只读类型的存储器，如 EPROM 和 EEPROM，另一种是可读/写的随机存储器 RAM。PLC 的存储器分为 5 个区域，如图 1-2 所示。

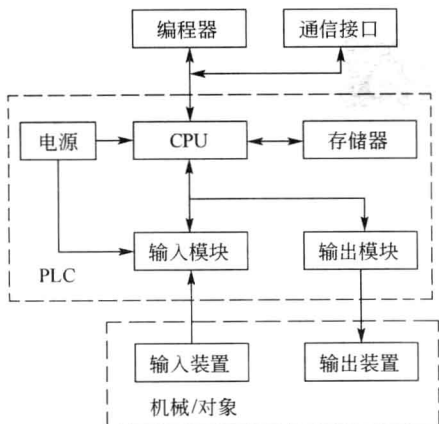


图 1-1 可编程控制器结构框图



图 1-2 存储器的区域划分

程序存储器的类型是只读存储器（ROM），PLC 的操作系统存放在这里，程序由制造商固化，通常不能修改。存储器中的程序负责解释和编译用户编写的程序、监控 I/O 口的状态、对 PLC 进行自诊断、扫描 PLC 中的程序等。系统存储器属于随机存储器（RAM），主要用于存储中间计算结果和数据、系统管理，有的 PLC 厂家用系统存储器存储一些系统信息，如错误代码等，系统存储器不对用户开放。I/O 状态存储器属于随机存储器，用于存储 I/O 装置的状态信息，每个输入模块和输出模块都在 I/O 映像表中分配一个地址，而且这个地址是唯一的。数据存储器属于随机存储器，主要用于数据处理功能，为计数器、定时器、算术计算和过程参数提供数据存储。有的厂家将数据存储器细分为固定数据存储器 and 可变数据存储器。用户编程存储器，其类型可以是随机存储器、可擦除存储器（EPROM）和电擦除存储器

(EEPROM)，高档的 PLC 还可以用 FLASH。用户编程存储器主要用于存放用户编写的程序。存储器的关系如图 1-3 所示。

只读存储器可以用来存放系统程序，PLC 断电后再上电，系统内容不变且重新执行。只读存储器也可用来固化用户程序和一些重要参数，以免因偶然操作失误而造成程序和数据的破坏或丢失。随机存储器中一般存放用户程序和系统参数。当 PLC 处于编程工作时，CPU 从 RAM 中取指令并执行。用户程序执行过程中产生的中间结果也在 RAM 中暂时存放。RAM 通常由 CMOS 型集成电路组成，功耗小，但断电时内容消失，所以一般使用大电容或后备锂电池保证掉电后 PLC 的内容在一定时间内不丢失。

(3) 输入/输出接口

可编程控制器的输入和输出信号可以是开关量或模拟量。输入/输出接口是 PLC 内部弱电 (low power) 信号和工业现场强电 (high power) 信号联系的桥梁。输入/输出接口主要有两个作用，一是利用内部的电隔离电路将工业现场和 PLC 内部进行隔离，起保护作用；二是调理信号，可以把不同的信号 (如强电、弱电信号) 调理成 CPU 可以处理的信号 (5V、3.3V 或 2.7V 等)，如图 1-4 所示。

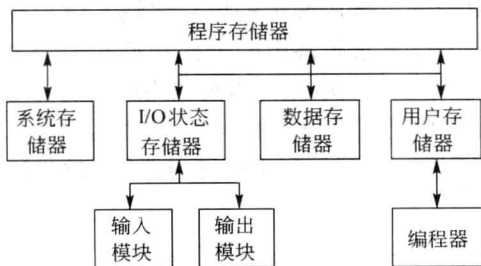


图 1-3 存储器的关系

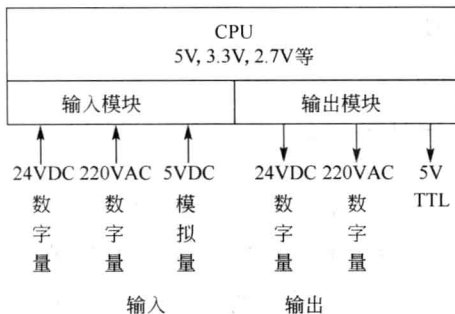


图 1-4 输入/输出接口

输入/输出接口模块是 PLC 系统中最大的部分，输入/输出接口模块通常需要电源，输入电路的电源可以由外部提供，对于模块化的 PLC 还需要背板（安装机架）。

① 输入接口电路

a. 输入接口电路的组成和作用。输入接口电路由接线端子、输入调理和电平转换电路、模块状态显示、电隔离电路和多路选择开关模块组成，如图 1-5 所示。现场的信号必须连接在输入端子才可能将信号输入到 CPU 中，它提供了外部信号输入的物理接口；调理和电平转换电路十分重要，可以将工业现场的信号（如强电 220V AC 信号）转化成电信号（CPU 可以识别的弱电信号）；电隔离电路主要利用电隔离器件将工业现场的机械或者电输入信号和 PLC 的 CPU 的信号隔开，它能确保过高的电干扰信号和浪涌不串入 PLC 的微处理器，起保护作用，有三种隔离方式，用得最多的是光电隔离，其次是变压器隔离和干簧继电器隔离；当外部有信号输入时，输入模块上有指示灯显示，这个电路比较简单，当线路中有故障时，它帮助用户查找故障，由于氖灯或 LED 灯的寿命比较长，所以这个灯通常是氖灯或 LED 灯；多路选择开关接受调理完成的输入信号，并存储在多路开关模块中，当输入循环扫描时，多路开关模块中信号输送到 I/O 状态寄存器中。

b. 输入信号的设备的种类。输入信号可以是离散信号和模拟信号。当输入端是离散信号时，输入端的设备类型可以是限位开关、按钮、压力继电器、继电器触点、接近开关、选择

开关、光电开关等，如图 1-6 所示。当输入为模拟量输入时，输入设备的类型可以是压力传感器、温度传感器、流量传感器、电压传感器、电流传感器、力传感器等。

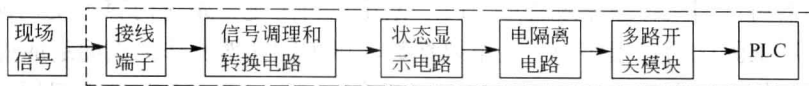


图 1-5 输入接口的结构

② 输出接口电路

a. 输出接口电路的组成和作用。输出接口电路由多路选择开关模块、信号锁存器、电

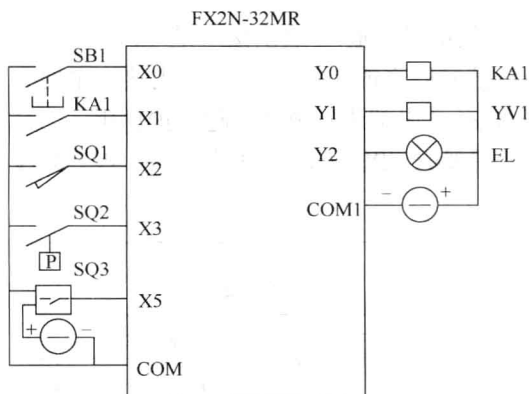


图 1-6 输入/输出接口

线端子用于将输出模块与现场设备相连接。

隔离电路、模块状态显示、输出电平转换电路和接线端子组成，如图 1-7 所示。在输出扫描期间，多路选择开关模块接受来自映像表中的输出信号，并对这个信号的状态和目标地址进行译码，最后将信息送给锁存器；信号锁存器是将多路选择开关模块的信号保存起来，直到下一次更新；输出接口的电隔离电路作用和输入模块的一样，但是由于输出模块输出的信号比输入信号要强得多，因此要求隔离电磁干扰和浪涌的能力更高；输出电平转换电路将隔离电路送来的信号放大成足够驱动现场设备的信号，放大器件可以是双向晶闸管、三极管和干簧继电器等；输出的接

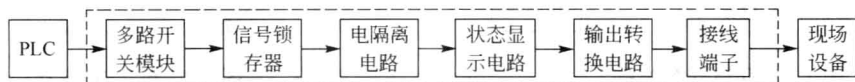


图 1-7 输出接口的结构

可编程控制器有三种输出接口形式，继电器输出、晶体管输出和晶闸管输出形式。继电器输出形式的 PLC 的负载电源可以是直流电源或交流电源，但其输出频率较慢。晶体管输出的 PLC 负载电源是直流电源，其输出频率较快。晶闸管输出形式的 PLC 的负载电源是交流电源。选型时要特别注意 PLC 的输出形式。

b. 输出信号的设备的种类。输出信号可以是离散信号和模拟信号。当输出端是离散信号时，输出端的设备类型可以是电磁阀的线圈、电动机启动器、控制柜的指示器、接触器线圈、LED 灯、指示灯、继电器线圈、报警器和蜂鸣器等，如图 1-6 所示。当输出为模拟量输出时，输出设备的类型可以是流量阀、AC 驱动器（如交流伺服驱动器）、DC 驱动器、模拟量仪表、温度控制器和流量控制器等。

1.2 可编程控制器的工作原理

PLC 是一种存储程序的控制器。用户根据某一对象的具体控制要求，编制好控制程序后，用编程器将程序输入到 PLC（或用计算机下载到 PLC）的用户程序存储器中寄存。PLC 的控制功能就是通过运行用户程序来实现的。

PLC 运行程序的方式与微型计算机相比有较大的不同,微型计算机运行程序时,一旦执行到 END 指令,程序运行结束。而 PLC 从 0 号存储地址所存放的第一条用户程序开始,在无中断或跳转的情况下,按存储地址号递增的方向顺序逐条执行用户程序,直到 END 指令结束。然后再从头开始执行,并周而复始地重复,直到停机或从运行(RUN)切换到停止(STOP)工作状态。把 PLC 这种执行程序的方式称为扫描工作方式。每扫描完一次程序就构成一个扫描周期。另外,PLC 对输入、输出信号的处理与微型计算机不同。微型计算机对输入、输出信号实时处理,而 PLC 对输入、输出信号是集中批处理。下面具体介绍 PLC 的扫描工作过程。其运行和信号处理示意如图 1-8 所示。

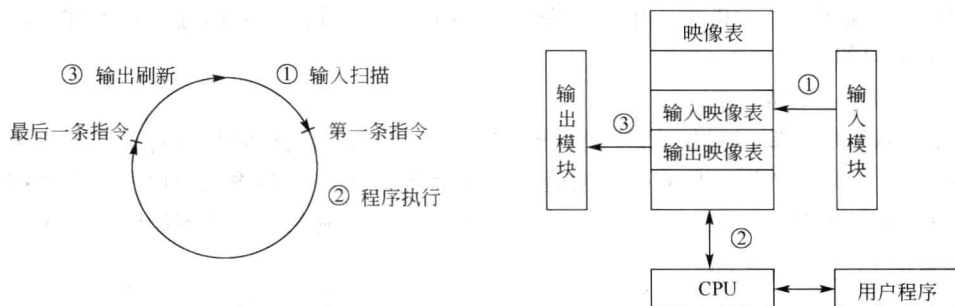


图 1-8 PLC 内部运行和信号处理示意图

PLC 扫描工作方式主要分为三个阶段：输入扫描、程序执行、输出刷新。

(1) 输入扫描

PLC 在开始执行程序之前,首先扫描输入端子,按顺序将所有输入信号,读入到寄存器-输入状态的输入映像寄存器中,这个过程称为输入扫描。PLC 在运行程序时,所需的输入信号不是现时取输入端子上的信息,而是取输入映像寄存器中的信息。在本工作周期内这个采样结果的内容不会改变,只有到下一个扫描周期输入扫描阶段才被刷新。PLC 的扫描速度很快,取决于 CPU 的时钟速度。

(2) 程序执行

PLC 完成了输入扫描工作后,按顺序从 0 号地址开始的程序进行逐条扫描执行,并分别从输入映像寄存器、输出映像寄存器以及辅助继电器中获得所需的数据进行运算处理。再将程序执行的结果写入输出映像寄存器中保存。但这个结果在全部程序未被执行完毕之前不会送到输出端子上,也就是物理输出是不会改变的。扫描时间取决于程序的长度、复杂程度和 CPU 的功能。

(3) 输出刷新

在执行到 END 指令,即执行完用户所有程序后,PLC 上将输出映像寄存器中的内容送到输出锁存器中进行输出,驱动用户设备。扫描时间取决于输出模块的数量。

从以上的介绍可以知道,PLC 程序扫描特性决定了 PLC 的输入和输出状态并不能在扫描的同时改变,例如一个按钮开关的输入信号的输入刚好在输入扫描之后,那么这个信号只有在下一个扫描周期才能被读入。

上述三个步骤是 PLC 的软件处理过程,可以认为就是程序扫描时间(扫描周期)。扫描时间通常由三个因素决定:一是 CPU 的时钟速度,越高档的 CPU,时钟速度越高,扫描时间越短;二是 I/O 模块的数量,模块数量越少,扫描时间越短;三是程序的长度,程序长度

越短，扫描时间越短。一般的 PLC 执行容量为 1K 的程序约需要的扫描时间是 1~10ms。

1.3 可编程控制器的立即输入、输出功能

比较高档的 PLC 都有立即输入、输出功能。

(1) 立即输出功能

所谓立即输出功能就是输出模块在处理用户程序时，能立即被刷新。PLC 临时挂起（中断）正常运行的程序，将输出映像表中的信息输送到输出模块，立即进行输出刷新，然后再回到程序中继续运行，立即输出的示意图如图 1-9 所示。注意，立即输出功能并不能立即刷新所有的输出模块。

(2) 立即输入功能

立即输入适用于要求对反应速度很严格的场合，例如几毫秒的时间对于控制来说十分关键的情况下。立即输入时，PLC 立即挂起正在执行的程序，扫描输入模块，然后更新特定的输入状态到输入映像表，最后继续执行剩余的程序，立即输入的示意图如图 1-10 所示。

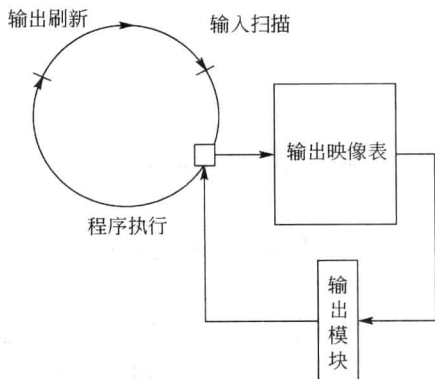


图 1-9 立即输出过程

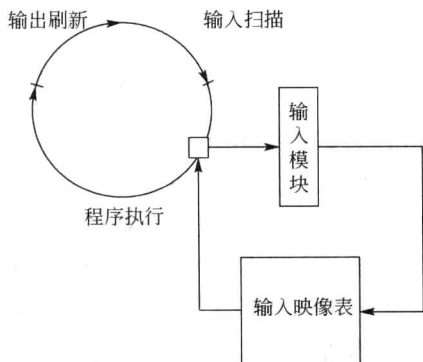


图 1-10 立即输入过程

小结

重点难点总结：

1. PLC 的应用范围。
2. PLC 的工作机理和结构。

习题

1. PLC 的主要性能指标有哪些？
2. PLC 主要用在哪些场合？
3. PLC 是怎样分类的？
4. PLC 的发展趋势是什么？
5. PLC 的结构主要由哪几个部分组成？
6. PLC 的输入和输出模块主要由哪几个部分组成？每部分的作用是什么？
7. PLC 的存储器可以细分为哪几个部分？

8. PLC 是怎样进行工作的?
9. 举例说明常见的哪些设备可以作为 PLC 的输入设备和输出设备?
10. 什么是立即输入和立即输出? 在何种场合应用?
11. PLC 控制与继电器控制有何优缺点?
12. PLC 是在什么控制系统的基础上发展起来的?
- A. 继电控制系统 B. 单片机 C. 工业电脑 D. 机器人
13. 工业中控制电压一般是多少伏?
- A. 24V B. 36V C. 110V D. 220V
14. 工业中控制电压一般是:
- A. 交流 B. 直流 C. 混合式 D. 交变电压
15. 请写出电磁兼容性的英文缩写。
- A. MAC B. EMC C. CME D. AMC
16. 三菱 FX 系列 PLC 普通输入点的输入响应时间大约是多少 ms?
- A. 100 ms B. 10ms C. 15 ms D. 30 ms

第2章

三菱 FX 系列 PLC

本章介绍三菱 FX 系列 PLC 的产品系列和硬件接线, 由于 FX3U 和 FX2N 是 FX 系列中最具代表性的产品, 所以重点介绍 FX3U 和 FX2N 系列 PLC, 这是学习本书后续内容的必要准备。

2.1 三菱可编程控制器简介

2.1.1 三菱可编程控制器系列

三菱的可编程控制器是较早进入国内市场的产品, 由于三菱 PLC 有较高的性价比, 而且易学易用, 所以在国内的 PLC 市场上有很大的份额, 特别是 FX 系列小型 PLC, 有比较大的市场占有率。以下将简介三菱的 PLC 的常用产品系列。

(1) FX 系列 PLC

FX 系列 PLC 是从 F 系列、F1 系列、F2 系列发展起来的小型 PLC 产品, FX 系列 PLC 包括 FX1S/FX1N/FX2N/FX3U/FX3G 五种基本类型产品。以前还有 FX0S 和 FX0N 系列产品, 三菱公司已经于 2006 年宣布停产。

FX1S 系列: 是一种集成型小型单元式 PLC。且具有完整的性能和通信功能等扩展性。如果考虑安装空间和成本是一种理想的选择。它是 FX 系列中的低端 PLC, 除了可以扩展通信模块外, 不能扩展其他模块, 最大 I/O 点为 40 点。

FX1N 系列: 是三菱电机推出的功能强大的普及型 PLC。具有扩展输入输出, 模拟量控制和通信、链接功能等扩展性。是一款广泛应用于一般的顺序控制三菱 PLC。

FX2N 系列: 是三菱 PLCFX 家族中较先进的系列, 是第二代产品。具有高速处理及可扩展大量满足单个需要的特殊功能模块等特点, 为工厂自动化应用提供很大的灵活性和控制能力。

FX3U 系列: 是三菱电机公司推出的新型第三代 PLC, 可能称得上是小型至尊产品。基本性能大幅提升, 晶体管输出型的基本单元内置了 3 轴独立最高 100kHz 的定位功能, 并且增加了新的定位指令, 从而使得定位控制功能更加强大, 使用更为方便。

FX3G 系列: 是三菱电机公司 2008 年才推出的新型第三代 PLC, 基本单元自带两路高速通信接口 (RS422&USB); 内置高达 32K 大容量存储器; 标准模式时基本指令处理速度可达 0.21μs; 控制规模: 14~256 点 (包括 CC-LINK 网络 I/O); 定位功能设置简便 (最多三轴); 基本单元左侧最多可连接 4 台 FX3U 特殊适配器; 可实现浮点数运算; 可设置两级密码, 每级 16 字符, 增强密码保护功能。增加了新的定位指令, 从而使得定位控制功能更加强大, 使用更为方便。

FX1NC/FX2NC/FX3UC 系列: 在保持了原有强大功能的基础上, 连接方式采用插接方式, 其体积更小。此外, 其供电电源只能采用 DC24V 电源。其价格较 FX1N/FX2N/FX3U 低。