

21世纪电学科高等学校教材

可编程控制器

原理及应用

王卫星 傅立思 孙耀杰 主编

571.6
6



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21世纪电学科高等学校教材

可编程控制器 原理及应用

主 编 王卫星 傅立思 孙耀杰

副主编 许善祥 王永田 董守田

参 编 俞 龙 曹艳明 贾瑞昌



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



内 容 提 要

本书是 21 世纪电学科高等学校教材。

本书介绍了可编程控制器的产生、现状及发展趋势。以三菱 FX 系列和 OMRON C 系列为主,介绍了可编程控制器的组成、工作原理、指令系统和编程,以及可编程控制器的特殊功能模块、典型程序设计、应用举例和系统联网等内容。

本书可作为高等农业院校电气工程及自动化、机械设计制造及自动化、工业自动化、农业电气化及自动化等专业的本科生教材,也可作为一般工科院校相关专业的教材,同时还可以作为有关研究人员和工程技术人员参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程控制器原理及应用/王卫星等主编. —北京:中国水利水电出版社, 2002

21 世纪电学科高等学校教材

ISBN 7-5084-1025

I. 可… II. 王… III. 可编程控制器—高等学校 教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 021792 号

书 名	21 世纪电学科高等学校教材 可编程控制器原理及应用
作 者	王卫星 傅立思 孙耀杰 主编
出版、发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68351835 (发行部)
售	全国各地新华书店
版	中国水利水电出版社微机排版中心
刷	北京密云红光印刷厂
格	787×1092 毫米 16 开本 13 印张 308 千字
次	2002 年 3 月第一版 2002 年 6 月北京第一次印刷
数	0001—5100 册
价	19.50 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

《可编程控制器原理及应用》是由全国高等农业院校电学科教材研究会组织编写的系列教材之一。本教材的基本内容符合全国高等农业院校电学科教材研究会审定的《可编程控制器原理及应用》教学大纲，适用于高等农业、林业、水利水电院校或其它院校非电专业的本、专科教材，以及电气工程技术人员和电气技术爱好者参考与自学。

在本教材的编写过程中，作者总结和吸收了各院校教学和教学改革的有益经验，既注重理论知识的系统性，删除了以往教材中陈旧过时和不适用的内容，又注重教材的实用性，对目前我国最常使用的三菱和 OMRON 可编程控制器做了介绍，增补了通信及联网的内容，使本教材更适合于教师组织教学和学生自学。在编写过程中，作者借鉴和参考了书后所列参考文献，在本书出版之际，向文献的作者致以衷心的感谢。

参加本教材编写的单位有：华南农业大学、沈阳农业大学、河北农业大学、黑龙江八一农垦大学、河南农业大学、东北农业大学等院校。

本教材编写人员有：王卫星（第一章、第二章第一～四节及附录）、孙耀杰（第三章）、董守田（第五章）、王永田（第六章）、傅立思（第七章）、贾瑞昌（第二章第五节）、俞龙（第四章第一节）、许善祥（第四章第二节）、曹艳明（第四章第三节）。胡红斌为本书做了书稿整理工作。全书由王卫星统稿、校审和定稿。

由于编者水平有限，书中疏漏和不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2002 年 2 月

目 录

前 言	
第一章 概述	1
第一节 可编程控制器的产生	1
第二节 可编程控制器的定义与特点	1
第三节 可编程控制器的类型	2
第四节 可编程控制器的组成与工作原理	4
第五节 可编程控制器的技术性能指标	7
第六节 可编程控制器的发展	8
第二章 三菱 PLC 的系统配置与指令系统	10
第一节 FX 系列 PLC 的系统配置与元件	10
第二节 基本逻辑指令简介与梯形图规则	25
第三节 状态转换图及步进指令简介	35
第四节 功能指令简介	40
第五节 MEDOC 编程软件简介	76
第三章 OMRON PLC 的系统配置与指令系统	79
第一节 C 系列 PLC 的通道分配与系统配置	79
第二节 基本指令简介	91
第三节 专用指令简介	94
第四节 编程器的应用	108
第四章 特殊功能模块	114
第一节 模拟量输入输出模块	114
第二节 定位控制单元模块	124
第三节 通信功能模块	128
第五章 典型程序设计	131
第一节 编程步骤与注意事项	131
第二节 自锁程序设计	134
第三节 互锁程序设计	137
第四节 顺序控制程序设计	139
第五节 互控程序设计	141
第六节 时间控制程序设计	142
第六章 PLC 的应用举例	146
第一节 可编程控制器的系统设计与选型	146
第二节 物料传送自动控制	151

第三节 电梯运行控制	154
第四节 交通信号灯自动控制	162
第七章 PLC 的系统联网	168
第一节 PLC 联网概述	168
第二节 PLC 通信的实现	173
附录 FX ₂ 系列 PLC 的特殊软元件	190
参考文献	200

第一章 概 述

第一节 可编程控制器的产生

可编程控制器是 20 世纪 60 年代末首先在美国出现的,最初称为可编程逻辑控制器 (Programmable Logical Controller),简称为 PLC,目的是用来取代继电器控制盘,具有逻辑判断、定时、计数等顺序功能。当时,大规模生产线的控制电路大多是由继电控制盘构成的,这种控制装置可靠性低、体积大、耗电多,改变生产程序则更为困难。为了改变这种状况,提高生产效益,1968 年,美国通用汽车公司对外公开招标,想用新的控制装置(即 PLC)取代继电控制盘。该公司对新型控制器提出了如下要求:

- (1) 编程简便,可在现场修改程序。
- (2) 维修方便,采用插件式结构。
- (3) 可靠性高于继电控制盘。
- (4) 体积小于继电控制盘。
- (5) 数据可以直接送入计算机。
- (6) 成本可与继电控制盘相竞争。
- (7) 输入可为市电。
- (8) 输出可为市电,要求在 2A 以上,可直接驱动电磁阀、接触器等。
- (9) 扩展时原系统变更最少。
- (10) 可以存储程序,存储容量大于 4K。

由上述十项指标可以看出,它具有可编程控制器最基本的功能,所以成为当时各 PLC 厂商的基本生产规范。1969 年,美国的 DEC 公司制成了第一台可编程控制器,投入通用汽车公司的汽车生产线控制中,取得令人满意的效果,由此开创了可编程控制器的新纪元。随着半导体技术,特别是微处理器和微型计算机技术的发展,PLC 已广泛使用微处理器作为 CPU,输入输出模块和外围电路也采用了中、大规模甚至超大规模集成电路。PLC 已不再仅仅具备逻辑判断功能,还同时具有数据处理、PID 调节和数据通信等功能,因此 PLC 又被称为 PC(Programmable Controller),但为了与个人计算机 PC(Personal Computer)相区别,有时人们仍然称之为 PLC。

1971 年,日本开始生产可编程控制器;1973 年,欧洲开始生产可编程控制器;1974 年,我国也开始研制可编程控制器。随着微电子技术、计算技术、通信技术、容错控制技术、数字控制技术的发展,PLC 的数量、型号、品种以异乎寻常的速度发展,市场销售年增长率高达 44%。PLC 已经成为工业自动控制的主要手段之一。

第二节 可编程控制器的定义与特点

一、可编程控制器的定义

可编程控制器在不断地发展,1980 年美国电气制造商协会 (NEMA) 对之进行了正式

定义和命名,1982 年国际电工委员会 (IEC) 颁布的可编程控制器标准草案中又作了如下定义: 可编程控制器是一种数字运算的电子系统, 专为在工业环境下应用而设计, 它采用了一类可编程序的存储器, 用于其内部存储程序, 执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术操作等面向用户的指令, 并通过数字式和模拟式输入输出控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外部设备, 都按易于与工业控制系统连成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。

由此可见, 可编程控制器是“数字运算的电子系统”, 属于“专为工业环境下应用而设计”的工业控制计算机产品。

二、可编程控制器的特点

可编程控制器具有许多明显的特点, 其中最主要的有以下几点。

1. 可靠性高, 抗干扰能力强

PLC 是专为工业控制而设计的, 在硬件方面采用了电磁屏蔽、光电隔离、模拟量和数字量滤波、优化电源电路等措施, 并对元件进行严格的筛选; 在软件方面则采取了警戒时钟、故障诊断、自动恢复等措施, 利用后备电池对程序和动态数据进行保护。因此, PLC 具有其它工业控制设备无可比拟的高可靠性, 其平均无故障时间达到 $(3\sim5)\times 10^4\text{h}$ 。1982 年美国对 PLC 使用情况的调查数据表明, 93% 的用户认为可靠性高是选用 PLC 的首要依据。

2. 编程方便, 使用简单

PLC 使用简单, 一般情况下, 不需考虑接口问题, 只需用螺丝刀就可以完成全部接线工作。PLC 可以采用一种面向控制过程的梯形图语言, 它与继电器原理图非常接近, 易学易懂, 电气工人可以在短时间内学会。因此, 世界上许多国家的可编程控制器生产公司都将梯形图语言作为第一用户语言。

3. 功能完善, 应用灵活

PLC 的基本功能包括数字和模拟量输入/输出、算术和逻辑运算、定时、计数、移位、比较、代码转换等, 其扩展功能有批数据传送、排序查表、中断控制、函数运算、通信联网、PID 闭环控制、监控报警等, 可以组成功能完善的控制系统。

PLC 标准的积木式硬件结构与模块化的程序设计可以适应大小不同、功能复杂的控制要求, 并能适应产品规格或工艺要求的变动, 从而可以节省大量的人力和物力。

4. 环境要求低, 适应性强

由于 PLC 的抗干扰能力强, 可适用于恶劣的工业环境。

第三节 可编程控制器的类型

一、可编程控制器的分类

目前, 国内外 PLC 的生产厂家和种类很多, 分类方法也不同。一般根据输入和输出的点数 (即 I/O 点)、存储容量和功能, 将 PLC 分为如表 1-1 所示的 5 种类型。这些分界线不是一成不变的, 它是随着 PLC 的发展而变化的。

按结构形式分类, PLC 又可分为整体式和模块式。整体式又称单元式或箱体式, 是将

电源、CPU、I/O 部件集中装在一个机箱内，其结构紧凑、体积小、价格低。一般小型机采用这种结构，由基本单元和扩展单元组成，二者之间用扁平电缆连接。整体式 PLC 一般配备有特殊功能单元，如模拟量单元、位置控制单元等，以加强 PLC 的功能。模块式结构是将 PLC 的各个部分分为若干单独的模块，如 CPU 模块、I/O 模块、电源模块和各种功能模块。模块式 PLC 由框架和各个模块组成，模块插在框架的插座上，或安装在底板上。这种结构配置灵活，装配方便，易于安装和维修，一般被大中型 PLC 所采用，有些小型 PLC 也采用这种结构。

二、常见的可编程控制器

表 1-2 列出了我国常见的几种 PLC 生产厂家及其部分产品。

表 1-2 常见的可编程控制器生产厂家及其部分产品

生产厂家名称	产品型号	I/O 点数	编程方式	用户程序容量	扫描速度
三菱	F-12M	12	梯形图	320B	45ms/KB
	F ₁ -40M	40		890B	45ms/KB
	FX	128		8KB	0.74ms/KB
	A ₂ A	512		14KB	2.25ms/KB
OMRON 欧姆龙 (立石)	C20H	140	梯形图	2.8KB	0.75ms/KB
	C200H	384		6.9KB	0.75ms/KB
	C500	512		6.9KB	
	C2000H	2048		34KB	0.4ms/KB
AB	SLC-100	112	梯形图	885B	25ms/KB
	PLC-2	128		1KB	22ms/KB
	PLC-5/10	512		6KB	2ms/KB
	PLC-3	8192		2MB	2.5ms/KB
GE 通用电气	GE-I/J	64/96	梯形图	700B	40ms/KB
	GE-90 70/781	12K	GEBASIC	256KB	0.4ms/KB
MODICON 莫迪康	MICRO84	112	梯形图	2KB	40ms/KB
	984	2048		16KB	0.75ms/KB
TI 德州仪器	TI100	128	梯形图	1KB	5ms/KB
	560/565	8192		256KB	8.3ms/KB
西屋	PC-700	512	梯形图	8KB	8ms/KB
	HPPC-1500	8192		64KB	1ms/KB
西门子	S5-100U	256	梯形图	20KB	1.6ms/KB
	S5-155U	10000		2MB	1.4ms/KB
华光电子工业 有限公司	SR-10	31/19	梯形图	0.7KB	40ms/0.7KB
	SR-22	168		3.7KB	10ms/1KB
苏州电子计算机厂	YZ-PC10	24~88	梯形图	1000 步	20 ms/千步
	YZ-PC30	168~512		1000 步	20 ms/千步

表 1-1 可编程控制器规模分类

类型	I/O 点数	存储容量 (KB)	机 型 举 例
超小型	小于 64	1~2	三菱 FX ₀ 、 欧姆龙 SP20
小型	64~128	2~4	三菱 F ₁ -60、 欧姆龙 C60H
中型	129~512	4~16	三菱 A 系列、 欧姆龙 C1000H
大型	513~8192	16~64	莫迪康 984A、 西门子 SU-135
超大型	大于 8192	64~128	莫迪康 984B、 西门子 SU-155

第四节 可编程控制器的组成与工作原理

一、可编程控制器的组成

PLC 是一种工业控制机，其组成与计算机类似。

(一) 硬件

PLC 的组成框图如图 1-1 所示。

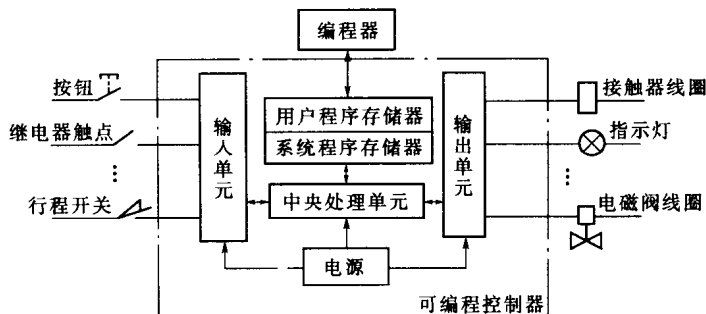


图 1-1 PLC 的组成框图

1. 中央处理单元 (CPU)

PLC 中的 CPU 主要采用微处理器（如 Z80A、8080、8086、80286、80386 等）、单片机（如 8031、8096 等）、位片式微处理器（如 AM2900、AM1902、AM2903）。位片机的字长、结构和指令系统不是固定的，用户根据需要可以用若干片“级联”，组成任意字长的计算机，而且通过改变微程序存储器的内容，用户可以形成位片机的指令系统。

PLC 的档次越高，CPU 的位数就越长，运算速度也越快。如三菱 FX₂ 系列机，其 CPU 采用了 16 位的 8096 单片机，还另配一片专用逻辑处理器用于处理高速指令和中断等，所以 FX₂ 在速度、集成度等方面都有明显的提高。

2. 存储器

存储器用于存放程序和数据。PLC 配有系统存储器和用户存储器，前者用于存放系统的各种管理监控程序，一般由 EPROM 构成；后者用于存放用户编制的程序，一般由 CMOS RAM 构成。采用锂电池作为后备电源，停电后 RAM 中的数据可以保存 1~5 年。

上述存储器均可以用电可擦除可编程只读存储器 (EEPROM 或 E²PROM) 构成，它不仅具有其它程序存储器的性能，还可以在线改写，而不需要专门的写入设备。

3. 输入/输出单元

输入/输出单元是 PLC 与生产设备或实际生产过程连接的接口。CPU 所能处理的信号只能是标准电平，因此现场的输入信号，如按钮开关、行程开关、限位开关以及传感器输出的开关量或模拟量信号，需要通过输入单元的转换和处理才可以传送给 CPU。而 CPU 的输出信号，也只有通过输出单元的转换和处理，才能够驱动电磁阀、接触器、继电器、电机等执行机构。

(1) 输入接口电路。PLC 以开关量顺序控制为特长，其输入电路基本相同，通常分为

三种类型：直流输入方式、交流输入方式和交直流输入方式。而外部输入元件可以是无源触点或有源传感器。

输入电路包括光电隔离和 RC 滤波，用于消除输入触点抖动和外部噪声干扰。图 1-2 是直流输入方式的接线图，其中 LED 为相应输入端在面板上的指示灯，用于表示外部输入的 ON/OFF 状态（LED 亮表示 ON）。输入信号接通时，输入电流一般小于 10mA；响应滞后时间一般都小于 20ms，如 FX₂ 系列 PLC 的输入电流为 DC 24V 7mA，响应滞后时间为 10ms。

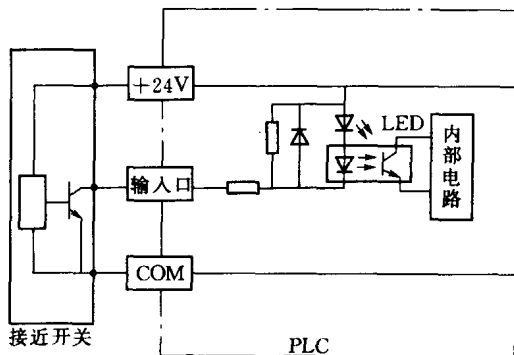


图 1-2 直流输入方式的接线图

(2) 输出接口电路。PLC 的输出电路有 3 种形式：继电器输出、晶体管输出、晶闸管输出，如图 1-3 所示。图 1-3 (a) 为继电器输出型，CPU 控制继电器线圈的通电或失电，其接点相应闭合或断开，接点再控制外部负载电路的通断。显然，继电器输出型 PLC 是利用继电器线圈和触点之间的电气隔离，将内部电路与外部电路进行了隔离。晶体管输出型通过使晶体管截止或饱和控制外部负载电路，晶闸管输出型通过使晶闸管导通或关断控制外部电路，二者均采用光电耦合进行了电气隔离。

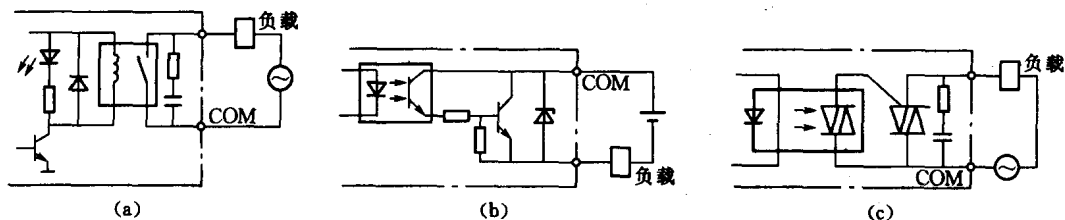


图 1-3 PLC 的输出电路图

(a) 继电器输出型；(b) 晶体管输出型；(c) 晶闸管输出型

3 种输出形式以继电器输出型最为常用，但响应时间最长。以 FX 系列 PLC 为例，从继电器线圈通电或断电到输出触点变为 ON 或 OFF 的响应时间均为 10ms；其输出电流最大，在 AC 250V 以下时可驱动负载为纯电阻 2A/点、感性负载 80VA、灯负载 100W。

4. 电源单元

PLC 的供电电源一般是市电，有的也用直流电源 24V 供电。PLC 对电源稳定性要求不高，一般允许电源电压在 +10%~ -15% 内波动。PLC 内部含有一个稳压电源用于对 CPU 和 I/O 单元供电，小型 PLC 的电源往往和 CPU 单元合为一体，大中型 PLC 都有专门的电源单元。有些 PLC 还有 24V DC 输出，用于对外部传感器供电，但输出电流往往只是毫安级。

5. 编程器

编程器最少包括键盘和显示两部分，用于对用户程序进行输入、读出、检验、修改。PLC

正常使用时，通常并不使用编程器。常用的编程器类型有：①便携式编程器，也叫简易编程器，用按键输入指令编程，大多采用数码管显示器，具有体积小、易携带的特点，适合小型 PLC 的编程要求；②图形编程器，又称智能编程器，采用液晶显示器或阴极射线管 (CRT) 显示程序，可在调试程序时显示各种信号状态和出错提示等，还可与打印机、绘图仪、录音机等设备连接，具有较强的功能，对于习惯用梯形图编程的人员来说，这种编程器尤为适合；③基于个人计算机的编程软件，即在个人计算机上添加适当的硬件接口和软件包，可以编制梯形图、语句等形式的用户程序。

(二) 软件

像计算机一样，仅有硬件 PLC 是不能工作的。PLC 的软件也分为监控程序和用户程序两大部分。

监控程序是由 PLC 厂家编制的，用于控制 PLC 本身的运行。监控程序包含系统管理程序、用户指令解释程序、标准程序模块和系统调用三大部分，其功能的强弱直接决定着一台 PLC 的性能。

用户程序是 PLC 的使用者编制的，用于实现对具体生产过程的控制。用户程序可以是梯形图、指令表、高级语言、汇编语言等。

二、可编程控制器的工作原理

PLC 不像计算机那样只要顺序执行程序就可以完成控制任务，而是采用循环扫描的工作方式，即执行完一次用户程序后，又返回去执行第二次、第三次、……直至停机。PLC 的工作过程分为 3 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 1-4 所示。在每一个扫描周期内，PLC 定时采集现场的全部有关信息，存放在某一指定的存储区域——输入映像区。执行用户程序时所需的现场信息都从输入映像区取用，而不是直接取自外设。同样，对输出给被控对象的控制信息，也不采用形成一个就去输出改变一个的控制方法，而是先把控制信息存放在某个特定区域——输出映像区，当扫描结束后，将输出映像区的控制信息集中输出，进而改变被控对象的状态。输入映像区和输出映像区统称 I/O 映像区。

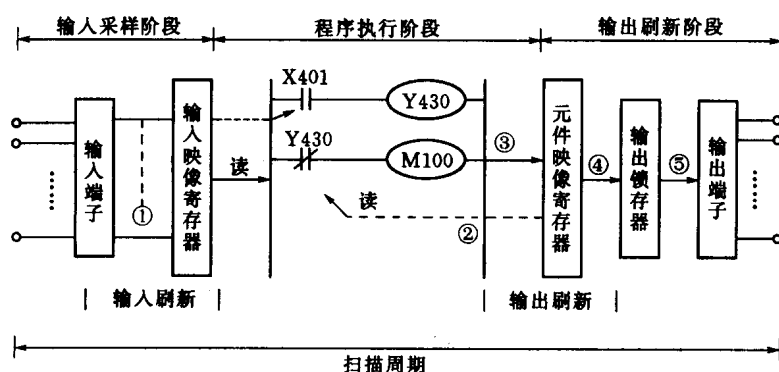


图 1-4 PLC 的扫描工作过程

1. 输入采样阶段

在输入采样阶段，PLC 以扫描方式读入输入端的状态并存入输入映像区的相应寄存器

中,接着进入程序执行阶段。在非输入采样阶段,无论输入状态如何变化,输入映像寄存器的内容都保持不变,直到进入下一个扫描周期的输入采样阶段,PLC 才会将输入端的状态读入输入映像寄存器中。

2. 程序执行阶段

在程序执行阶段,根据梯形图程序先左后右、先上后下的扫描原则,PLC 顺序扫描用户程序,遇到跳转指令,则根据转移条件决定程序的走向。若指令中的元件为输出元件,则使用当时输出映像寄存器中的状态值进行运算。若程序的结果为输出元件,则将运算结果写入输出映像寄存器。输出映像寄存器中的每一个元件会随着程序执行的进程而变化。

3. 输出刷新阶段

在程序执行完毕后,输出映像寄存器中的继电器的通断状态传送至输出锁存器,形成 PLC 的实际输出,驱动相应外设。

以上是 PLC 的扫描工作过程。只要 PLC 处于 RUN 状态,它就反复地循环工作。PLC 的扫描周期就是它完成一个完整循环扫描所需的工作周期,即从读入输入状态到发出输出信号所用的时间,它与程序的步数、时钟频率以及所用指令的执行时间有关。一般输入采样和输出刷新只需要 1~2ms,所以扫描时间主要由用户程序执行时间决定。

第五节 可编程控制器的技术性能指标

PLC 的技术性能指标有一般指标和技术指标两种,一般指标主要指 PLC 的结构和功能情况,是用户选用 PLC 时必须首先了解的,而技术指标可分为一般的性能规格和具体的性能规格。

一般规格是指使用 PLC 时应注意的问题,主要包括电源电压、允许电压波动范围、耗电情况、直流输出电压、绝缘电阻、耐压情况、抗噪声性能、耐机械振动及冲击情况、使用环境温度和湿度、接地要求、外形尺寸、重量等。

具体性能规格是指 PLC 所具有的技术能力,如果只是一般地了解 PLC 的性能,了解如下的基本技术性能指标即可。

1. I/O 点数

I/O 点数指 PLC 外部输入、输出端子的总数,这是非常重要的一项技术指标。如 FX 系列的 I/O 点数为 128。

2. 扫描速度

一般指执行一步指令的时间,单位是 $\mu\text{s}/\text{步}$ 。有时也以执行 1000 步指令时间计,单位为 $\text{ms}/\text{千步}$,通常为 10ms,小型和超小型机器的扫描时间可能大于 40ms。

3. 内存容量

一般小型机的存储容量为 1KB 到几 KB,大型机则为几十 KB,甚至 1~2MB,通常以 PLC 所能存放用户程序的多少来衡量。在 PLC 中,程序指令是按“步”存放的,而一条指令往往不止一步。一步占用一个地址单元,一个地址单元一般占用两个字节。

4. 指令条数与功能

指令条数的多少是衡量 PLC 软件功能强弱的主要指标。PLC 具有的指令种类越多,它

的软件功能则越强。

5. 内部寄存器

PLC 内部有许多寄存器用以存放变量状态、中间结果和数据等,还有许多辅助寄存器给用户提供特殊功能,以简化程序设计。因此,寄存器的配置情况是衡量 PLC 硬件功能的一个指标。

6. 特殊功能模块

PLC 除了具备实现基本控制功能的主控模块外,还可配置各种特殊功能模块以实现一些专门功能。目前,各生产厂家提供的特殊功能模块种类越来越多,功能越来越强,成为衡量 PLC 产品水平高低的一个重要标志。常用的特殊功能模块有:A/D 模块、D/A 模块、高速计数模块、位置控制模块、轴定位模块、温度控制模块、远程通信模块、高级语言编程以及各种物理量转换模块等。这些特殊功能模块使 PLC 不但能进行开关量顺序控制,而且能进行模拟量控制、定位控制和速度控制,还可以和计算机通信,直接用高级语言编程,从而为用户提供了强有力的工具。

第六节 可编程控制器的发展

随着 PLC 应用领域的不断扩大,PLC 本身也在不断发展,表现为功能越来越强,性能越来越可靠,速度越来越快,集成度越来越高,使用越来越方便。

一、向小型化方向发展

20 世纪 80 年代末、90 年代初推出的小型机,在元件上大都选择表面封装元件,进一步提高了产品的可靠性,且体积趋于超小型化。例如,以三菱公司的 FX₀、FX₂ 系列 PLC 为例,FX₀ 型 PLC 的 I/O 点数为 14 点,体积最小的是 100mm×80mm×47mm,却具有高速计数、中断、PWM 等功能,其功能远远超出早期的小型 PLC 产品。FX₂ 系列 PLC 除了具有开关量 I/O 外,还具有模拟量输入、输出以及多种智能模块,并具有联网通信能力,扩大了小型 PLC 的应用范围。

最新推出的小型 PLC 配置更加灵活,柔性更大。

二、向高速度、大容量和智能化方向发展

由于采用了微处理器或大规模集成芯片,PLC 的速度大大提高。如三菱公司的 A_{3A} 系列高档 PLC 就采用了 MSP 芯片,指令速度可达 0.15μs/步。

PLC 的内存容量在不断扩大,目前有的已达几 MB,有些 PLC 已采用硬盘作为外部存储器。

智能模块与 PLC 的 CPU 并行工作,提高了 PLC 的速度和效率。各种智能模块在不断推出,如高速计数模块、PID 回路控制、温度控制模块、远程 I/O 模块、通信和人机接口模块等。这些智能模块使过程控制功能大为加强,一些 PLC 的过程控制还具有自适应、参数自整定功能,控制精度明显提高。智能化是 PLC 发展的主要趋势之一。

三、PLC 编程工具与编程语言的多样化、高级化、标准化

PLC 的编程工具已在本章第四节中作了介绍。

PLC 的编程语言目前朝着三个方向发展:一是多种编程语言,多种语言之间并存、互

补；二是高级语言，如 BASIC, C, FORTRAN 等；三是编程语言标准化，从而使不同 PLC 的用户程序可以互相兼容。

四、向网络化方向发展

加强 PLC 的联网能力成为 PLC 的主要发展趋势。PLC 的联网包括 PLC 之间的联网和 PLC 与计算机之间的联网。PLC 的生产厂家都在使自己的产品与制造自动化通信协议标准 (MAP) 兼容，从而不同的 PLC 之间可以互相通信。PLC 与计算机之间的联网能进一步实现计算机辅助制造 (CAM) 和计算机辅助设计 (CAD)。

五、发展容错技术和故障诊断

为了满足某些系统极高可靠性和安全性的要求，一些 PLC 增加了容错功能，如双机热备用、自动切换 I/O、双机表决（当输出状态与 PLC 逻辑状态比较出错时，自动断开该输出）、I/O 三重表决（对 I/O 状态进行软硬件表决，取 2 台相同的）。

由于 PLC 本身具有很高的可靠性，因此 80% 以上的故障出现在外部设备上。为了及时诊断故障，有的公司研制了智能、可编程 I/O 系统或故障诊断程序，供用户了解 I/O 组态的状态和监测系统的故障。近年来研制推出了公共回路远距离诊断和网络诊断技术。

第二章 三菱 PLC 的系统配置与指令系统

日本三菱电机公司 (MITSUBISHI) 1971 年开始研制和生产 PLC, 目前已有 F、F₁、F₂、FX₀、FX₂、FX_{0N}、K、A_{1N}、A_{2N}、A_{3N}、A_{3H}、A_{1S} 等十几个系列几十种产品。三菱 PLC 在我国 (主要是华东、华南地区) 的工业控制领域具有一定的市场占有率。本章以三菱具有代表性的 FX₂ 系列超小型机为主, 介绍三菱 PLC 的指令、应用及编程。

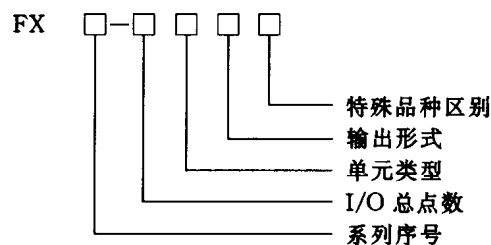
第一节 FX 系列 PLC 的系统配置与元件

FX₂ 型 PLC 是三菱公司 1991 年推出的产品, 采用整体式和模块式结合的叠装式结构, 含有一个 16 位微处理器和一个专用逻辑处理器, 执行速度是 0.74μs/步。

一、FX 系列 PLC 的系统配置

(一) 型号命名方式

FX 系列 PLC 型号的命名格式为:



系列序号: 2, 2C, 0, 0N。

I/O 总点数: 14~256。

单元类型: M——基本单元;
E——输入输出混合扩展单元及扩展模块;
EX——输入专用扩展模块 (无输入);
EY——输出专用扩展模块 (无输出);
EYR——继电器输出专用扩展模块;
EYT——晶体管输出专用扩展模块。

输出形式: R——继电器输出;
T——晶体管输出;
S——晶闸管输出。

特殊品种区别: 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——接插口输入输出方式；
 F——输入滤波器为 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。

若特殊品种区别一项无标志，通指：AC 电源，DC 输入，横式端子排；继电器输出，2A/点；晶体管输出，0.5A/点；晶闸管输出，0.3A/点。

（二）FX 系列 PLC 的基本构成

FX 系列 PLC 是由基本单元、扩展单元和特殊功能单元构成的。基本单元既能独立使用，又可与扩展单元、扩展模块组合使用，它包括 CPU、存储器、I/O 电路，内置电源，是 PLC 的核心部分。扩展单元用于扩展基本单元的 I/O 点数，内置电源。扩展模块同扩展单元一样是为了扩展 I/O 点数，但内部无电源，由基本单元或扩展单元提供。扩展单元和扩展模块内部无 CPU，必须与基本单元一同使用，如图 2-1 所示。特殊功能单元是一些特殊用途的装置。每台基本单元最多可连接 2 台扩展单元，而每台基本单元或扩展单元最多可连接 2 台扩展模块（包括功能模块）。输入、输出总点数不能超过 128 点。

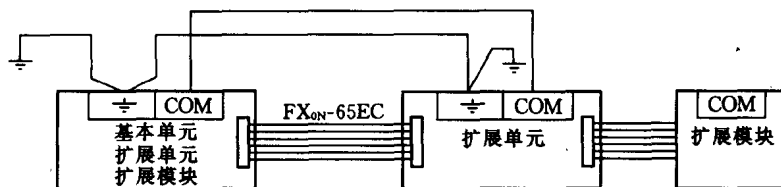


图 2-1 基本单元、扩展单元、扩展模块的连接

1. 基本单元

FX₂ 有 31 种基本单元，FX_{0N} 有 12 种，见表 2-1 和表 2-2。FX₀ 和 FX_{2C} 分别有 12 种和 4 种基本单元。

2. 扩展单元

FX₂、FX_{2C} 共有 5 种扩展单元，FX_{0N} 有 1 种（AC 电源），见表 2-3 和表 2-4。FX_{2C} 有 5 种扩展单元。

表 2-1 FX₂ 系列的 20 种基本单元（AC 电源，DC 输入）

型 号			输入点数 (DC24V)	输出点数 (R、T)	扩展模块 可使用点数
R 输出	S 输出	T 输出			
FX ₂ -16MR	FX ₂ -16MS	FX ₂ -16MT	8	8	24~32
FX ₂ -24MR	FX ₂ -24MS	FX ₂ -24MT	12	12	
FX ₂ -32MR	FX ₂ -32MS	FX ₂ -32MT	16	16	
FX ₂ -48MR	FX ₂ -48MS	FX ₂ -48MT	24	24	48~64
FX ₂ -64MR	FX ₂ -64MS	FX ₂ -64MT	32	32	
FX ₂ -80MR	FX ₂ -80MS	FX ₂ -80MT	40	40	
FX ₂ -128MR	—	FX ₂ -128MT	64	64	

注 R、S、T 为继电器、晶闸管、晶体管输出类型。