

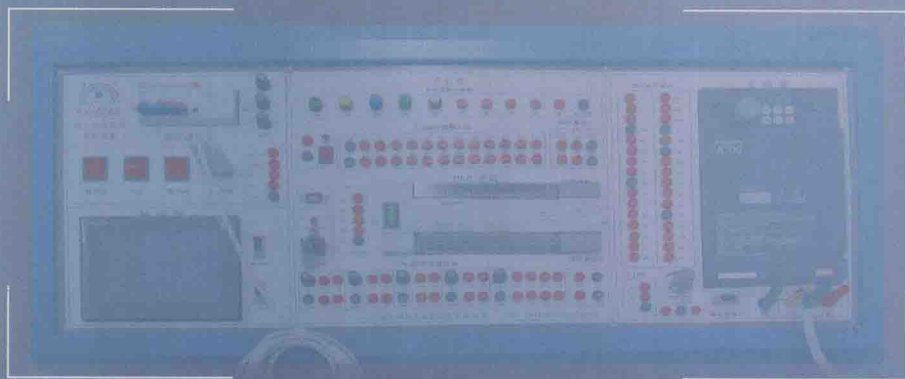
XIMENZI S7-200 HE SANLING FX<sub>2N</sub>  
KE BIANCHENG KONGZHIQI YUANLI YU YINGYONG

# 西门子S7-200和三菱FX<sub>2N</sub> 可编程控制器原理与应用

惠文  
张俊宾  
王来运

袁成华

主编  
副主编  
主审



中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

# 西门子S7-200和三菱FX<sub>2N</sub> 可编程控制器原理与应用

责任编辑：崔忠文

封面设计：崔欣

## XIMENZI S7-200 HE SANLING FX<sub>2N</sub> KE BIANCHENG KONGZHIQI YUANLI YU YINGYONG

本书针对初学者的特点，以国内广泛使用的西门子S7-200和三菱FX<sub>2N</sub>系列PLC为例，介绍了PLC的结构和原理，S7-200系列PLC的硬件构成及其编程软件STEP7-Micro/Win4.0的安装和使用、S7-200系列PLC指令系统，FX系列PLC的硬件构成及其编程软件GX Developer的安装和使用、FX<sub>2N</sub>系列PLC指令系统和综合应用。书中内容以实例为引导，从简单到复杂，达到举一反三的效果。

本书可以作为中等职业学校机电类专业的教材，也可供初学者自学和参考。



**中国铁道出版社**

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

地址：北京市宣武区右安门西街8号

邮编：100054

网址：<http://www.tdpress.com>

ISBN 978-7-113-11377-3



9 787113 113773 >

定价：25.00元

# 西门子 S7-200 和三菱 FX<sub>2N</sub> 可编程控制器原理与应用

惠 文 主 编  
张俊宾 袁成华 副主编  
王来运 主 审

中国铁道出版社

2010年·北京

## 内 容 提 要

本书针对初学者的特点,以国内广泛使用的西门子 S7-200 和三菱 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 为例,介绍了 PLC 的结构和原理,S7-200 系列 PLC 的硬件构成及其编程软件 STEP7-Micro/Win4.0 的安装和使用,S7-200 系列 PLC 指令系统,FX 系列 PLC 的硬件构成及其编程软件 GX Developer 的安装和使用、FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 指令系统和综合应用。书中内容以实例为引导,从简单到复杂,达到举一反三的效果。

本书可以作为中等职业学校机电类专业的教材,也可供初学者自学和参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

西门子 S7-200 和三菱 FX<sub>2N</sub> 可编程控制器原理与应用  
/ 惠文主编. —北京:中国铁道出版社,2010.5  
ISBN 978-7-113-11377-3

I. ①西… II. ①惠… III. ①可编程序控制器 IV.  
①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 073065 号

书 名: 西门子 S7-200 和三菱 FX<sub>2N</sub> 可编程控制器原理与应用

作 者: 惠文 主编 张俊宾 袁成华 副主编

责任编辑: 崔忠文 电话: 010-51873146 电子信箱: dianwu@vip.sina.com

封面设计: 崔 欣

责任校对: 张玉华

责任印制: 郭向伟

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 河北省遵化市胶印厂

版 次: 2010年7月第1版 2010年7月第1次印刷

开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16 印张: 12.25 字数: 299 千

书 号: ISBN 978-7-113-11377-3

定 价: 25.00 元

## 版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话: 市电(010)51873170, 路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话: 市电(010)63549504, 路电(021)73187



可编程控制器(PLC)是以微机技术为核心的通用工业控制装置,它将传统的继电器-接触器控制技术与计算机技术、通信技术融于一体,具有功能强大、环境适用性好、编程简单、使用方便等优点,因此,近年来在工业自动控制、机电一体化、改造传统产业等方面得到广泛的应用。学习、掌握和应用 PLC 技术对提高我国工业自动化水平和生产效率具有十分重要的意义。

本书在编写上结合中等职业学校学生的特点,突出应用型知识的学习和能力的培养,力求使基础理论与工程实际紧密联系,以培养学生的综合素质和工程实践创新能力。在编写过程中以实际应用和便于教学为目标,力求突出针对性、实用性和先进性。叙述方法由简到繁、深入浅出、主次分明、详略得当。

本书共分 8 章,以国内广泛使用的西门子 S7-200 和三菱 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 为例,介绍了 PLC 的结构和原理,S7-200 系列 PLC 的硬件构成及其编程软件 STEP7-Micro/Win V4.0 的安装和使用、S7-200 系列 PLC 指令系统,FX 系列 PLC 的硬件构成及其编程软件 GX Developer 的安装和使用、FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 指令系统和综合应用。

本书由江苏省徐州技师学校惠文主编,张俊宾、袁成华副主编,王来运主审。

本书在编写过程中得到了江苏省徐州技师学院教务处相关老师的大力支持,在此深表感谢!

由于编者学识和水平有限,书中难免存在缺点和错误,敬请使用本书的师生和广大读者批评指正。

2010 年 5 月



<b>第 1 章 可编程控制器的概述</b> .....	1
1.1 可编程控制器的发展 .....	1
1.2 可编程控制器的定义 .....	2
1.3 可编程控制器的硬件系统 .....	3
1.3.1 主机系统 .....	3
1.3.2 输入/输出扩展环节 .....	4
1.3.3 外部设备 .....	4
1.4 可编程控制器的工作原理及主要技术指标 .....	5
1.4.1 可编程控制器的工作原理 .....	5
1.4.2 可编程控制器主要技术指标 .....	6
1.5 可编程控制器的分类、特点、应用及发展 .....	6
1.5.1 可编程控制器的分类 .....	6
1.5.2 可编程控制器的特点 .....	7
1.5.3 可编程控制器的应用 .....	8
1.5.4 可编程控制器的发展 .....	9
思考题 .....	10
<b>第 2 章 S7-200 系列 PLC 概述</b> .....	11
2.1 S7-200 系列 PLC 的特点 .....	11
2.2 S7-200 CPU 和扩展模块 .....	12
2.2.1 S7-200 CPU .....	12
2.2.2 扩展模块 .....	14
2.2.3 S7-200 系列 PLC 的安装 .....	16
2.2.4 电源预算 .....	16
2.3 S7-200 系列 PLC 内部元器件及寻址方法 .....	18
2.3.1 S7-200 执行程序的过程 .....	18
2.3.2 数据存储类型 .....	19
2.3.3 编址方式 .....	19

2.3.4 寻址方式	21
2.3.5 编程元件功能及地址分配	21
2.3.6 扩展 I/O 编址	24
思考题	25
<b>第 3 章 STEP7-Micro/Win 编程软件介绍</b>	<b>26</b>
3.1 STEP7-Micro/Win 概述	26
3.1.1 STEP7-Micro/Win 4.0 的安装	26
3.1.2 STEP7-Micro/Win 窗口组件	28
3.2 编程计算机与 S7-200 CPU 通信	38
3.2.1 通信条件	38
3.2.2 设置通信	39
3.3 输入程序	41
3.3.1 编程准备	41
3.3.2 输入和编辑程序	42
3.4 调试和运行	48
3.4.1 编译和下载	48
3.4.2 符号表操作	49
3.4.3 程序的调试与监控	49
思考题	53
<b>第 4 章 西门子 S7-200 系列 PLC 指令系统</b>	<b>54</b>
4.1 基本位操作指令	54
4.2 定时器与计数器指令	65
4.2.1 定时器指令	65
4.2.2 计数器指令	68
4.3 其他常用指令	71
4.3.1 比较指令	71
4.3.2 数据传送指令	72
4.3.3 程序控制类指令	72
4.4 S7-200 PLC 应用系统设计及实例	76
4.4.1 设计原则和步骤	76
4.4.2 程序应用综合举例	77
思考题	85
<b>第 5 章 三菱 FX 系列 PLC 的硬件与软元件</b>	<b>87</b>
5.1 三菱 FX 系列 PLC 简介	87
5.1.1 三菱 FX 系列 PLC 性能简介	87
5.1.2 三菱 FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 硬件简介	89
5.1.3 三菱 FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 的技术指标	91

5.2 可编程控制器的工作原理与编程器件	91
5.2.1 PLC 的工作原理	91
5.2.2 三菱 FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 的编程元件	92
思考题	98
<b>第 6 章 GX Developer 编程软件</b>	<b>99</b>
6.1 GX Developer 8.52 中文软件概述	99
6.1.1 GX Developer 编程软件介绍	99
6.1.2 GX Developer 8.52 特点	99
6.2 GX Developer 8.52 中文软件安装	100
6.3 GX Developer 基本界面	102
6.3.1 启动 GX Developer 软件	102
6.3.2 GX Developer 主界面	103
6.4 GX Developer 的基本操作	105
6.4.1 文件的管理	105
6.4.2 编程操作	106
6.4.3 仿真软件 GX Simulator(中文版 6.0)	109
6.5 手持式编程器的使用方法	111
6.5.1 FX-10P-E 型手持式编程器的使用方法	112
6.5.2 FX-20P-E 型手持式编程器的使用方法	115
思考题	127
<b>第 7 章 三菱 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 程序设计</b>	<b>129</b>
7.1 三菱 FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 基本指令	129
7.1.1 基本指令系统的特点	129
7.1.2 编程语言的形式	130
7.1.3 FX <sub>2N</sub> 系列的基本逻辑指令	131
7.2 三菱 FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 程序设计	143
7.2.1 梯形图的设计原则	143
7.2.2 常见梯形图	145
7.2.3 编程实例	149
7.3 步进顺序控制系统	154
7.3.1 顺序控制及状态转移图	154
7.3.2 步进顺序控制指令	155
7.3.3 单流程步进顺序控制应用举例	157
思考题	162
<b>第 8 章 三菱 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 综合应用</b>	<b>165</b>
8.1 十字路口交通信号灯控制	165
8.2 摇臂钻床	169

8.3 分捡功能的机械装置 .....	172
8.4 电动机顺序启动与逆序停止 .....	175
<b>实 验</b> .....	178
实验一 编程器的使用 .....	178
实验二 编程软件 GX Developer 的安装与使用 .....	179
实验三 基本逻辑指令(一) .....	181
实验四 基本逻辑指令(二) .....	182
实验五 基本逻辑指令(三) .....	183
实验六 基本逻辑指令(四) .....	184
实验七 十字路口交通信号灯控制 .....	186
实验八 电动机顺序启动与停止 .....	187

# 第1章 可编程控制器的概述

## 本章导读

认识一个事物,首先要认识事物的全貌,PLC也不例外。本章从PLC的定义、产生和发展介绍开来,重点介绍了PLC的硬件构成和工作原理。千里之行,始于足下,学习PLC,现在开始!

## 学习要点

- 可编程控制器的产生、特点、分类与发展
- 可编程控制器的定义和基本含义
- 可编程控制器的基本组成及各部分的作用
- 可编程控制器的工作原理
- 可编程控制器的技术指标

## 1.1 可编程控制器的的发展

可编程控制器(Programmable Controller)是计算机家族中的一员,是为工业控制应用而设计制造的。早期的可编程控制器称作可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller),简称PLC,它主要用来代替继电器实现逻辑控制。随着技术的发展,这种装置的功能已经大大超过了逻辑控制的范围,因此,今天这种装置称作可编程控制器,简称PC。但是为了避免与个人计算机(Personal Computer)的简称混淆,所以将可编程控制器简称PLC。

由于工业发展的需要,美国最先将可编程控制器应用于工业控制领域。在20世纪60年代,汽车生产流水线的自动控制系统基本上都是由继电器控制装置构成的。当时汽车的每一次改型都直接导致继电器控制装置的重新设计和安装。随着生产的发展,汽车型号更新的周期愈来愈短,这样,继电器控制装置就需要经常地重新设计和安装,十分费时、费工、费料,甚至阻碍了更新周期的缩短。为了改变这一现状,美国通用汽车公司(GM)在1969年公开招标,要求用新的控制装置取代继电器控制装置,并提出了十项招标指标:

- (1) 编程方便,现场可修改程序;
- (2) 维修方便,采用模块化结构;
- (3) 可靠性高于继电器控制装置;
- (4) 体积小于继电器控制装置;
- (5) 数据可直接送入管理计算机;
- (6) 成本可与继电器控制装置竞争;
- (7) 输入可以是交流115V;
- (8) 输出为交流115V,2A以上,能直接驱动电磁阀,接触器等;

(9) 在扩展时,原系统只要很少变更;

(10) 用户程序存储器容量至少能扩展到 4 KB。

条件提出后,立即引起了开发热潮。1969 年,美国数字设备公司(DEC)研制出了世界上第一台可编程控制器,并应用于通用汽车公司的生产线上。当时叫可编程逻辑控制器 PLC (Programmable Logic Controller),目的是用来取代继电器,以执行逻辑判断、计时、计数等顺序控制功能。紧接着,美国 MODICON 公司也开发出同名的控制器。1971 年,日本从美国引进了这项新技术,很快研制成了日本第一台可编程控制器。1973 年,西欧国家也研制出自己的第一台可编程控制器。

随着半导体技术,尤其是微处理器和微型计算机技术的发展,到 20 世纪 70 年代中期以后,特别是进入 20 世纪 80 年代以来,PLC 已广泛地采用 16 位甚至 32 位微处理器作为中央处理器,输入输出模块和外围电路也都采用了中、大规模甚至超大规模的集成电路,使 PLC 在概念、设计、性能价格比以及应用方面都有了新的突破。这时的 PLC 已不仅仅是逻辑判断功能,还同时具有数据处理、PID(比例-积分-微分)调节和数据通信等功能。

可编程控制器是一种无触点设备,对用户来说,改变程序即可改变生产工艺,因此如果在初步设计阶段就选用可编程控制器,可以使得设计和调试变得简单容易。从制造生产可编程控制器的厂商角度看,在制造阶段不需要根据用户的订货要求专门设计控制器,适合批量生产。由于这些特点,可编程控制器问世以后很快受到工业控制界的欢迎,并得到迅速的发展。目前,可编程控制器已成为工厂自动化的强有力工具,得到了广泛的应用。

我国从 1974 年也开始研制可编程控制器,1977 年开始工业应用。目前它已经大量地应用在楼宇自动化、家庭自动化、商业、公用事业、测试设备和农业等领域,并涌现出大批应用可编程控制器的新型设备。掌握可编程控制器的工作原理,具备设计、调试和维护可编程控制器控制系统的功能,已经成为现代工业对电气技术人员和工科学生的基本要求。

## 1.2 可编程控制器的定义

国际电工委员会(IEC)曾于 1982 年 11 月颁发了可编程控制器标准草案第一稿,1985 年 1 月又发表了第二稿,1987 年 2 月颁发了第三稿。该草案中对可编程控制器的定义是:“可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为在工业环境下应用而设计。它采用了可编程的存储器,用来在其内部存储和执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作命令,并通过数字式和模拟式的输入和输出,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围设备,都按易于与工业系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

定义强调了可编程控制器是“数字运算操作的电子系统”,是一种计算机。它是“专为在工业环境下应用而设计”的工业计算机,是一种用程序来改变控制功能的工业控制计算机,除了能完成各种各样的控制功能外,还有与其他计算机通信联网的功能。这种工业计算机采用“面向用户的指令”,因此编程方便。它能完成逻辑运算、顺序控制、定时计数和算术操作,它还具有“数字量和模拟量输入输出控制”的能力,并且非常容易与“工业控制系统联成一体”,易于“扩充”。

定义还强调了可编程控制器应直接应用于工业环境,它须具有很强的抗干扰能力、广泛的适应能力和应用范围。这也是区别于一般微机控制系统的一个重要特征。

应该强调的是,可编程控制器与以往所讲的顺序控制器在“可编程”方面有质的区别。

PLC 引入了微处理机及半导体存储器等新一代电子器件,并用规定的指令进行编程,能灵活地修改,即用软件方式来实现“可编程”的目的。

可编程控制器是应用面最广、功能强大、使用方便的通用工业控制装置。自研制成功开始使用以来,它已经成为了当代工业自动化的主要支柱之一。

### 1.3 可编程控制器的硬件系统

PLC 的硬件系统由主机系统、输入/输出扩展环节及外部设备组成。

#### 1.3.1 主机系统

可编程控制器主要由 CPU、存储器、基本 I/O 接口电路、外设接口、编程装置、电源等组成。

可编程控制器的结构多种多样,但其组成的一般原理基本相同,都是以微处理器为核心的结构,如图 1-1 所示。编程装置将用户程序送入可编程控制器,在可编程控制器运行状态下,输入模块接收到外部元件发出的输入信号,可编程控制器执行程序,并根据程序运行后的结果,由输出模块驱动外部设备。

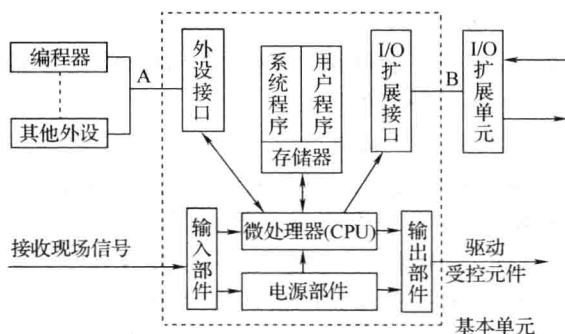


图 1-1 可编程控制器系统结构

##### 1. 中央处理单元

中央处理单元主要由微处理器 CPU 和存储器组成。

##### (1) 微处理器 CPU

微处理器 CPU 是可编程控制器的核心,相当于人的大脑。CPU 一般由控制电路、运算器和寄存器组成。这些电路通常都被封装在一个集成的芯片上。CPU 通过地址总线、数据总线、控制总线与存储器、输入输出接口电路连接。CPU 的功能有:在系统监控程序的控制下工作,通过扫描方式,将外部输入信号的状态写入输入映像寄存区域,PLC 进入运行状态后,从存储器逐条读取用户指令,按指令规定的任务进行数据的传送、逻辑运算、算术运算等,然后将结果送到输出映像寄存区域。

常用的微处理器有通用型微处理器、单片机和位片式计算机等。通用型微处理器常见的如 Intel 公司的 8086、80186、到 Pentium 系列芯片,单片机型的微处理器如 Intel 公司的 MCS-96 系列单片机,位片式微处理器如 AMD 2900 系列的微处理器。小型 PLC 的 CPU 多采用单片机或专用 CPU,中型 PLC 的 CPU 大多采用 16 位微处理器或单片机,大型 PLC 的 CPU 多采用高速位片式处理器,具有高速处理能力。

##### (2) 存储器

存储器是 PLC 存放系统程序、用户程序和运行数据的单元。可编程控制器的存储器由只读存储器 ROM、随机存储器 RAM 和可电擦写的存储器 EEPROM 三大部分构成。只读存储器 ROM 用以存放系统程序,可编程控制器在生产过程中将系统程序固化在 ROM 中,用户是不可改变的。用户程序和中间运算数据存放在随机存储器 RAM 中,RAM 存储器是一种高密度、低功耗、价格便宜的半导体存储器,可用锂电池做备用电源。它存储的内容是易失的,掉电后内

容丢失;当系统掉电时,用户程序可以保存在只读存储器 EEPROM 或由高能电池支持的 RAM 中。EEPROM 兼有 ROM 的非易失性和 RAM 的随机存取优点,用来存放需要长期保存的重要数据。

## 2. 输入/输出(I/O)单元及 I/O 扩展接口

### (1) 输入/输出(I/O)单元

PLC 的对外功能主要是通过各类接口模块的外接线,实现对工业设备和生产过程的检测与控制。通过各种输入/输出接口模块,PLC 既可检测到所需的过程信息,又可将处理结果传送给外部过程,驱动各种执行机构,实现工业生产过程的控制。通过输入模块单元,PLC 能够得到生产过程的各种参数;通过输出模块单元,PLC 能够把运算处理的结果送至工业过程现场的执行机构实现控制。为适应工业过程现场对不同输入/输出信号的匹配要求,PLC 配置了各种类型的输入/输出模块单元。

### (2) I/O 扩展接口

I/O 扩展接口是 PLC 主机用于扩展输入/输出点数和类型的部件,输入/输出扩展单元、远程输入/输出扩展单元、智能输入/输出单元等都通过它与主机相连。I/O 扩展接口有并行接口、串行接口等多种形式。

## 3. 外设 I/O 接口

外设 I/O 接口是 PLC 主机实现人机对话、机机对话的通道。通过外设 I/O 接口,PLC 可以和编程器、彩色图形显示器、打印机等外部设备相连,也可以与其他 PLC 或上位计算机连接。外设 I/O 接口一般是 RS232C 或 RS422A 串行通信接口,该接口的功能是进行串行/并行数据的转换、通信格式的识别、数据传输的出错检验、信号电平的转换等。对于一些小型 PLC,外设 I/O 接口中还有与专用编程器连接的并行数据接口。

## 4. 电源单元

电源单元的作用是将外部电源(220 V 的交流电源)转换成内部工作电压。外部连接的电源,通过 PLC 内部配有的一个专用开关式稳压电源,将交流/直流供电电源转化为 PLC 内部电路需要的工作电源(直流 5 V、12 V、24 V),并为外部输入元件(如接近开关)提供 24 V 直流电源(仅供输入端使用),而驱动 PLC 负载的电源由用户提供。PLC 的电源一般采用开关电源,其特点是输入电压范围宽,体积小,质量轻,效率高,抗干扰性能好。

### 1.3.2 输入/输出扩展环节

输入/输出扩展环节是 PLC 输入/输出单元的扩展部件。当用户所需的输入/输出点数或类型超出主机的输入/输出单元所允许的点数或类型时,可以通过加接输入/输出扩展环节来解决。输入/输出扩展环节与主机的输入/输出扩展接口相连,有两种类型:简单型和智能型。简单型的输入/输出扩展环节本身不带中央处理单元,对外部现场信号的输入/输出处理过程完全由主机的中央处理单元管理,依赖于主机的程序扫描过程。通常,它通过并行接口与主机通信,并安装在主机旁边,在小型 PLC 的输入/输出扩展时常被采用。智能型的输入/输出扩展环节本身带有中央处理单元,它对生产过程现场信号的输入/输出处理由本身所带的中央处理单元管理,而不依赖于主机的程序扫描过程。通常,它采用串行通信接口与主机通信,可以远离主机安装,多用于大中型 PLC 的输入/输出扩展。

### 1.3.3 外部设备

(1) 编程器。它是编制、调试 PLC 用户程序的外部设备,是人机交互的窗口。通过编程器

可以把新的用户程序输入到 PLC 的 RAM 中,或者对 RAM 中已有程序进行编辑。通过编程器还可以对 PLC 的工作状态进行监视和跟踪,这对调试和试运行用户程序是非常有用的。

除了上述专用的编程器外,还可以利用微机(如 IBM PC),配上 PLC 生产厂家提供的相应的软件包来作为编程器,这种编程方式已成为 PLC 发展的趋势。现在,有些 PLC 不再提供编程器,而只提供微机编程软件,并且配有相应的通信连接电缆。

(2)彩色图形显示器。大中型 PLC 通常配接彩色图形显示器,用以显示模拟生产过程的流程图、实时过程参数、趋势参数及报警参数等过程信息,使得现场控制情况一目了然。

(3)打印机。PLC 也可以配接打印机等外部设备,用以打印记录过程参数、系统参数以及报警事故记录表等。

PLC 还可以配置其他外部设备。例如:配置存储器卡、盒式磁带机或磁盘驱动器,用于存储用户的应用程序和数据;配置 EPROM 写入器,用于将程序写入到 EPROM 中。

## 1.4 可编程控制器的工作原理及主要技术指标

### 1.4.1 可编程控制器的工作原理

结合 PLC 的组成和结构分析 PLC 的工作原理更容易理解。PLC 是采用周期循环扫描的工作方式,CPU 连续执行用户程序和任务的循环序列称为扫描。CPU 对用户程序的执行过程是 CPU 的循环扫描,并用周期性地集中采样、集中输出的方式来完成的。一个扫描周期主要可分为:

(1)读输入阶段。每次扫描周期的开始,先读取输入点的当前值,然后写到输入映像寄存器区域。在之后的用户程序执行的过程中,CPU 访问输入映像寄存器区域,而并非读取输入端口的状态,输入信号的变化并不会影响到输入映像寄存器的状态,通常要求输入信号有足够的脉冲宽度,才能被响应。

(2)执行程序阶段。用户程序执行阶段,PLC 按照梯形图的顺序,自左而右,自上而下的逐行扫描,在这一阶段 CPU 从用户程序的第一条指令开始执行直到最后一条指令结束,程序运行结果放入输出映像寄存器区域。在此阶段,允许对数字量 I/O 指令和不设置数字滤波的模拟量 I/O 指令进行处理,在扫描周期的各个部分,均可对中断事件进行响应。

(3)处理通信请求阶段。这是扫描周期的信息处理阶段,CPU 处理从通信端口接收到的信息。

(4)执行 CPU 自诊断测试阶段。在此阶段,CPU 检查其硬件、用户程序存储器和所有 I/O 模块的状态。

(5)写输出阶段。每个扫描周期的结尾,CPU 把存在输出映像寄存器中的数据输出给数字量输出端点(写入输出锁存器中),更新输出状态。然后 PLC 进入下一个循环周期,重新执行输入采样阶段,周而复始。

如果程序中使用了中断,中断事件出现,立即执行中断程序,中断程序可以在扫描周期的任意点被执行。

如果程序中使用了立即 I/O 指令,可以直接存取 I/O 点。用立即 I/O 指令读输入点值时,相应的输入映像寄存器的值未被修改;用立即 I/O 指令写输出点值时,相应的输出映像寄存器的值被修改。

### 1.4.2 可编程控制器主要技术指标

可编程控制器的种类很多,用户可以根据控制系统的具体要求选择不同技术性能指标的 PLC。可编程控制器的技术性能指标主要有以下几个方面:

#### (1) I/O 点数

可编程控制器的 I/O 点数指外部输入、输出端子数量的总和。它是描述的 PLC 大小的一个重要的参数。

#### (2) 存储容量

PLC 的存储器由系统程序存储器、用户程序存储器和数据存储器三部分组成。PLC 存储容量通常指用户程序存储器和数据存储器容量之和,表征系统提供给用户的可用资源,是系统性能的一项重要技术指标。

#### (3) 扫描速度

可编程控制器采用循环扫描方式工作,完成 1 次扫描所需的时间叫做扫描周期。影响扫描速度的主要因素有用户程序的长度和 PLC 产品的类型。PLC 中 CPU 的类型、机器字长等直接影响 PLC 运算精度和运行速度。

#### (4) 指令系统

指令系统是指 PLC 所有指令的总和。可编程控制器的编程指令越多,软件功能就越强,但掌握应用也相对较复杂。用户应根据实际控制要求选择合适指令功能的可编程控制器。

#### (5) 通信能力

通信有 PLC 之间的通信和 PLC 与其他设备之间的通信。通信主要涉及通信模块、通信接口、通信协议和通信指令等内容。PLC 的组网和通信能力也已成为 PLC 产品水平的重要衡量指标之一。

厂家的产品手册上还提供 PLC 的负载能力、外形尺寸、重量、保护等级、适用的安装和使用环境(如温度、湿度等性能指标参数),供用户参考。

## 1.5 可编程控制器的分类、特点、应用及发展

### 1.5.1 可编程控制器的分类

#### (1) 按 I/O 点数和功能分类

可编程控制器用于对外部设备的控制,外部信号的输入、PLC 的运算结果的输出都要通过 PLC 输入、输出端子来进行接线,输入、输出端子的数目之和被称作 PLC 的输入、输出点数,简称 I/O 点数。

由 I/O 点数的多少可将 PLC 分成小型、中型和大型。

小型 PLC 的 I/O 点数小于 256 点,以开关量控制为主,具有体积小、价格低的优点。可用于开关量的控制、定时/计数的控制、顺序控制及少量模拟量的控制场合,代替继电器-接触器控制,在单机或小规模生产过程中使用。

中型 PLC 的 I/O 点数在 256 ~ 1024 之间,功能比较丰富,兼有开关量和模拟量的控制能力,适用于较复杂系统的逻辑控制和闭环过程的控制。

大型 PLC 的 I/O 点数在 1024 点以上。用于大规模过程控制、集散式控制和工厂自动化网络。

## (2) 按结构形式分类

PLC 可分为整体式结构和模块式结构两大类。

整体式 PLC 是将 CPU、存储器、I/O 部件等组成部分集中于一体,安装在印刷电路板上,并连同电源一起装在一个机壳内,形成一个整体,通常称为主机或基本单元。整体式结构的 PLC 具有结构紧凑、体积小、重量轻、价格低的优点。一般小型或超小型 PLC 多采用这种结构。

模块式 PLC 是把各个组成部分做成独立的模块,如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块等。各模块作成插件式,并将组装在一个具有标准尺寸且带有若干插槽的机架内。模块式结构的 PLC 配置灵活,装配和维修方便,易于扩展。一般大中型的 PLC 都采用这种结构。

## (3) 按生产厂家分

PLC 的生产厂家很多,国内国外都有,其点数、容量、功能各有差异,但都自成系列,比较有影响的厂家有:

日本立石(OMRON)公司的 C 系列可编程控制器;

日本三菱(MITSUBISHI)公司的 F、F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>、FX<sub>2</sub> 系列可编程控制器;

日本松下(PANASONIC)电工公司的 FP<sub>1</sub> 系列可编程控制器;

美国通用电气(GE)公司的 GE 系列可编程控制器;

美国艾伦—布拉德利(A-B)公司的 PLC-5 系列可编程控制器;

德国西门子(SIEMENS)公司的 S5、S7 系列可编程控制器。

## 1.5.2 可编程控制器的特点

### 1. 可编程控制器的特点

#### (1) 编程简单,使用方便

梯形图是使用最多的可编程序控制器的编程语言,其符号与继电器电路原理图相似。有继电器电路基础的电气技术人员只需很短的时间就可以熟悉梯形图语言,并用来编制用户程序,梯形图语言形象直观,易学易懂。

#### (2) 控制灵活,程序可变,具有很好的柔性

可编程控制器产品采用模块化形式,配备有品种齐全的各种硬件装置,供用户选用。用户能灵活方便地进行系统配置,组成不同功能、不同规模的系统。可编程控制器用软件功能取代了继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件,硬件配置确定后,可以通过修改用户程序,不用改变硬件,方便快速地适应工艺条件的变化,具有很好的柔性。

#### (3) 功能强,扩充方便,性能价格比高

可编程控制器内有成百上千个可供用户使用的编程元件,有很强的逻辑判断、数据处理、PID 调节和数据通信功能,可以实现非常复杂的控制功能。如果元件不够,只要加上需要的扩展单元即可,扩充非常方便。与相同功能的继电器系统相比,具有很高的性能价格比。

#### (4) 控制系统设计及施工的工作量少,维修方便

可编程控制器的配线与其他控制系统的配线相比少得多,故可以省下大量的配线,减少大量的安装接线时间,开关柜体积缩小,节省大量的费用。可编程控制器有较强的带负载能力,可以直接驱动一般的电磁阀和交流接触器。一般可用接线端子连接外部接线。可编程控制器的故障率很低,且有完善的自诊断和显示功能,便于迅速地排除故障。

#### (5) 可靠性高,抗干扰能力强

可编程控制器是为现场工作设计的,采取了一系列硬件和软件抗干扰措施。硬件措施,如

屏蔽、滤波、电源调整与保护、隔离、后备电池等。例如：西门子公司 S7-200 系列 PLC 内部 EEPROM 中，在一个较长时间段（190 h）储存用户源程序和预设值，所有中间数据可以通过一个超级电容器保持，如果选配电池模块，可以确保停电后中间数据能保存 200 天。软件措施，如故障检测、信息保护和恢复、警戒时钟，加强对程序的检测和校验。以上措施提高了系统抗干扰能力，平均无故障时间达到数万小时以上，可以直接用于有强烈干扰的工业生产现场。可编程控制器已被广大用户公认为最可靠的工业控制设备之一。

(6) 体积小、重量轻、能耗低，是“机电一体化”特有的产品。

## 2. 可编程控制器 PLC 与个人计算机 PC 的主要差异

- (1) PLC 工作环境要求比 PC 低，PLC 抗干扰能力强；
- (2) PLC 编程比 PC 简单易学；
- (3) PLC 设计调试周期短；
- (4) PC 应用领域与 PLC 不同；
- (5) PLC 的输入/输出响应速度慢（一般 ms 级），而 PC 的响应速度快（ $\mu\text{s}$  级）；
- (6) PLC 维护比 PC 容易。

## 3. PLC 与继电器控制的区别

PLC 与继电器控制的区别主要体现在：组成器件不同，PLC 中是软继电器；触点数量不同，PLC 编程中无触点数的限制；实施控制的方法不同，PLC 是主要软件编程控制，而继电器控制依靠硬件连线完成。

### 1.5.3 可编程控制器的应用

目前，可编程控制器已经广泛地应用在各个工业部门。随着其性能价格比的不断提高，应用范围还在不断扩大，主要有以下几个方面：

#### (1) 逻辑控制

可编程控制器具有“与”、“或”、“非”等逻辑运算的能力，可以实现逻辑运算，用触点和电路的串、并联，代替继电器进行组合逻辑控制、定时控制与顺序逻辑控制。数字量逻辑控制可以用于单台设备，也可以用于自动生产线，其应用领域最为普及，包括微电子、家电行业也有广泛的应用。

#### (2) 运动控制

可编程控制器使用专用的运动控制模块，或灵活运用指令，使运动控制与顺序控制功能有机地结合在一起。随着变频器、电动机启动器的普遍使用，可编程控制器可以与变频器结合，运动控制功能更为强大，并广泛地用于各种机械，如金属切削机床、装配机械、机器人、电梯等场合。

#### (3) 过程控制

可编程控制器可以接收温度、压力、流量等连续变化的模拟量，通过模拟量 I/O 模块，实现模拟量 (Analog) 和数字量 (Digital) 之间的 A/D 转换和 D/A 转换，并对被控模拟量实行闭环 PID 控制。现代的大中型可编程控制器一般都有 PID 闭环控制功能，此功能已经广泛地应用于工业生产、加热炉、锅炉等设备，以及轻工、化工、机械、冶金、电力、建材等行业。

#### (4) 数据处理

可编程控制器具有数学运算、数据传送、转换、排序和查表、位操作等功能，可以完成数据的采集、分析和处理。这些数据可以是运算的中间参考值，也可以通过通信功能传送到其他的