

第2版

可编程控制器原理及应用

上册

汪晓光 孙晓瑛 等编著



机械工业出版社
China Machine Press



可编程控制器原理及应用

上 册

第 2 版

汪晓光 孙晓瑛 等编著

本书是根据近几年可编程控制器产品和技术的发展,对第1版同名书的修订。主要介绍日本松下电工公司的小型 PLC 产品 FP1 和 FP0。其中第一篇除保留原版内容,对 PLC 的工作原理、组成、编程语言及指令系统作了一般介绍外,再版时还增加了对超小型 PLC——FP0 的介绍,以及新增指令和编程工具软件 FPWIN 的介绍。为了便于读者更快地掌握 PLC 的使用方法,又专门增加了一章关于编程方法的介绍,其中给出了丰富的编程实例及应用程序。第二篇介绍了实验预备知识,上机操作练习,基本实验和综合实验,以及特殊指令和功能的应用实验。第三篇列出了各种实用速查表。

本书可作为高等院校有关专业的教材,也可作为从事 PLC 工作的工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理及应用.上册/汪晓光等编著.—2版.—北京:机械工业出版社,2001.8

ISBN 7-111-04267-0

I.可… II.汪… III.可编程序控制器 IV.TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 030648 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:李万字 版式设计:霍永明 责任校对:韩晶

封面设计:方芬 责任印制:路琳

北京蓝海印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 1 月第 2 版·第 4 次印刷

787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ ·13.75 印张·339 千字

48541—53540 册

定价:22.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

第2版前言

本书自1994年出版后,历经六年时间,受到不少读者的关爱。在这六年时间里,科学技术又前进了一大步,初版书中有些内容已经过时,有些新技术和新产品应及时补充进来。这次借本书再版之时,我们对全书的内容和章节安排都做了很大的改动,力求跟上技术发展。

再版书的改动主要有以下几点:

1. 在PLC的指令和编程方法上做了较大篇幅的补充和较为详细的说明。如在第二章FPI的指令系统一节中,我们除对初版中已介绍的指令做了更详尽的说明外,还补充了许多很受用户欢迎的新增指令,这些指令都是在松下电工近几年开发出的PLC新产品中使用的。为了便于读者尽快地掌握PLC的使用方法,我们在第四章中还专门介绍了PLC的编程方法,除了在初版中的应用程序例子后增加了程序及编程特点说明外,还增加了各种短小、实用的程序段,通过分析这些小程序,介绍了编程的基本方法和编程技巧。

2. 增加了对松下电工新产品FPO和FP-M的介绍(第五章)。松下电工近几年推出了许多新产品,限于篇幅不可能都介绍,只选择了这两种具有代表性的产品。其中FPO是小型机中最有代表性的产品,也是上市后最受用户欢迎的新产品。而FP-M原来是放在下册介绍的,现在从产品分类的合理性考虑,移至上册。

3. 在PLC的特殊功能介绍中(第三章),除原有内容外,又增加了有关PLC和调制解调器的通信方式和基于Windows的串行通信程序开发的内容。这主要是基于网络通信技术的发展和用户的需求这一考虑而补充的。因我们在这方面做的工作也不多,只希望能起个抛砖引玉的作用。

4. 在编程工具软件的介绍中(第六章),增加了对新开发的编程软件FPWIN-GR和FP-SOFT的介绍。其中特别是刚刚进入市场的FPWIN-GR,因为在技术和设计上较为完善,前景被人们看好,所以尽管时间很紧,我们还是尽最大努力把这部分内容也加进来了。但由于篇幅所限,只对各自特点做了简单介绍,不可能详细介绍其使用方法,还请读者见谅。

5. 对实验和附录部分这次也做了较多修改。如实验部分的手持编程器使用方法介绍比初版易学易懂。附录部分的各种速查表也做了增补和扩充,将一些新增指令和各种指令适用的机型都列入表中,这样更便于读者查阅。但对一些不常用的指令,再版中不再介绍,这样使内容较为紧凑。

再版书中第一篇的第一章、第二章和第六章主要由孙晓瑛编写,第三章、第四章、第五章主要由汪晓光编写,其中第三章部分内容刘艳、王明华和凌茵编写。第二篇的实验和第三篇的附录部分主要由孙晓瑛和刘艳编写,其中实验部分有些内容保留原书中王艳丹所写内容。

在本书编写过程中得到了松下电工(中国)有限公司李庭弼先生的帮助,北京四通电机技术有限责任公司的李向麒先生对部分章节进行了审阅并提出了修改意见,在此向他们表示衷心感谢。松下电工公司对本书的再版给予大力支持,也在此一并致谢。

因水平有限,仍难免有许多不尽人意之处,在此谨诚恳地希望读者批评指正。

作者 2001 年于清华园

目 录

第2版前言

第一篇 原 理

第一章 可编程控制器的般原理及组成 ... 1

第一节 概述 1

第二节 PLC的基本结构及工作原理 2

一、PLC的基本结构 2

二、PLC的工作原理 4

第三节 PLC的技术性能 5

一、基本技术性能 5

二、PLC的内存分配及I/O点数 6

第四节 PLC的功能、特点及应用场合 7

一、PLC的主要功能 7

二、PLC的主要特点 8

三、PLC的应用范围 9

四、PLC的主要应用类型 9

第五节 PLC的分类 10

第六节 PLC的编程语言 11

一、梯形图语言 12

二、助记符语言 13

第二章 松下电工可编程控制器产品——FP1

介绍 14

第一节 FP1的产品及性能简介 14

第二节 FP1的内部寄存器及I/O配置 17

第三节 FP1的指令系统 20

一、基本指令 20

二、高级指令 40

第三章 FP1的特殊功能及高级模块 46

第一节 FP1的特殊功能简介 46

一、高速计数功能(HSC) 46

二、脉冲输出功能(仅晶体管输出型可用) 47

三、输入延时滤波功能 48

四、脉冲捕捉功能 48

五、中断功能 49

六、特殊功能的优先权排队 51

第二节 FP1的特殊指令及应用 52

一、F162和F163指令 52

二、F164指令(SPD0) 52

第三节 FP1的高级模块 56

一、A/D转换模块 56

二、D/A转换模块 58

第四节 FP1的通信功能 60

一、通信方式 60

二、通信协议 64

三、通信的设置 65

四、PLC与调制解调器的通信 68

五、PLC串行通信驱动程序的开发 69

第四章 PLC的编程及应用 75

第一节 PLC的编程特点 75

一、梯形图与继电控制图的区别 75

二、梯形图的化简及变换 76

三、输出对输入的滞后现象 77

四、高级指令和特殊功能指令 77

第二节 基本应用程序 78

一、自锁、互锁控制 78

二、时间控制 78

三、顺序控制 79

第三节 PLC的编程方法及技巧 81

一、电动机正反转控制 81

二、运料小车控制 82

三、物流检测 83

四、行车方向控制 85

五、多地点控制 85

第四节 PLC应用程序举例 88

一、冲压机控制程序 88

二、自动售货机控制程序 89

三、机械手控制程序 92

四、一维位置控制 95

第五章 FP系列小型机的其他产品

介绍 99

第一节 微型PLC产品FP0介绍 99

一、FP0的外形结构及特点 99

二、FP0的硬件配置及技术性能简介 100

三、FP0 的特殊功能	103	一、概述	132
四、FP0 的特殊指令	105	二、计算机与 PLC 的连接配置及软件 安装	133
第二节 FP-M 单板式 PLC 简介	112	三、三种编程软件各自的特点	134
一、FP-M 的主控板与扩展板	112	四、关于几种基本使用方式的说明 (三种软件均类似)	138
二、FP-M 的特殊功能板	114	五、三种软件编程屏的介绍	140
三、FP-M 的 I/O 及内部寄存器分配	127	第二节 编程软件功能总汇	143
四、FP-M 系统的安装及配线	129		
第六章 松下电工 PLC 编程软件简介	132		
第一节 PLC 编程软件简介	132		

第二篇 实 验

第一部分 预备知识	146	实验五 算术运算指令的应用	160
一、手持编程器键盘功能介绍	146	第四部分 综合实验	162
二、指令输入方式	148	实验一 运料小车控制	162
三、程序编辑方式	149	实验二 十字路口交通灯控制	163
四、OP 功能的使用	150	实验三 乒乓球比赛模拟控制	166
第二部分 基础实验	153	实验四 两种液体的混合装置控制	167
实验一 手持编程器操作及程序编辑练习	153	实验五 三层楼电梯自动控制	168
实验二 基本指令练习	155	第五部分 特殊指令及功能的应用 实验	171
第三部分 基本实验	157	实验一 子程序调用指令的应用	171
实验一 传输指令的应用	157	实验二 A/D、D/A 的应用	172
实验二 定时指令的应用	157	实验三 可调输入的应用	174
实验三 计数指令的应用	158		
实验四 几种数据移位指令的应用	160		

第三篇 附 录

附录一 FP1 特殊内部继电器一览表	176	附录七 编程软件的菜单一览表	201
附录二 FP1 特殊数据寄存器一览表	178	附录八 OP 功能表	210
附录三 FP1 系统寄存器一览表	181	附录九 输入、输出规格表	210
附录四 键盘指令表	184	附录十 PLC 输入、输出接口方式	211
附录五 非键盘指令表	185	附录十一 FP1 I/O 地址分配一览表	212
附录六 扩展功能指令表	187	参考文献	214

第一篇 原 理

第一章 可编程控制器的一般原理及组成

第一节 概 述

可编程控制器的起源可以追溯到 20 世纪 60 年代,美国通用汽车公司 (GM) 为了适应汽车型号不断翻新的需要,提出需要有这样一种控制设备:

(1) 它的继电控制系统设计周期短,更改容易,接线简单,成本低。

(2) 它能把计算机的许多功能和继电控制系统结合起来,但编程又比计算机简单易学,操作方便。

(3) 系统通用性强。

1969 年美国 DEC 公司研制出第一台可编程控制器,用在 GM 公司生产线上获得成功。其后日本、德国等相继引入,可编程控制器迅速发展起来。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,但实际上只能进行逻辑运算,故称为“可编程逻辑控制器”,简称为 PLC (Programmable Logic Controller)。

进入 20 世纪 80 年代,由于计算机技术和微电子技术的迅猛发展,极大地推动了 PLC 的发展,使得 PLC 的功能日益增强。PLC 可进行模拟量控制、位置控制和 PID (Proportion Integral Differential) 控制等,易于实现柔性制造系统 (FMS),远程通信功能的实现更使得 PLC 如虎添翼。无怪乎有人将 PLC 称为现代化控制的三大支柱 (即 PLC、机器人和计算机辅助设计/制造 CAD/CAM) 之一。由于 PLC 的功能已远远超出逻辑控制、顺序控制的范围,故称为“可编程控制器”简称 PC (Programmable Controller)。但因 PC 容易和“个人计算机” (Personal Computer) 混淆,故人们仍习惯地用 PLC 作为可编程控制器的缩写。

对于 PLC 的定义,国际电工委员会 (IEC) 在 1987 年 2 月颁布的可编程控制器标准的第三稿中写道:“可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统,是专为在工业环境下应用设计的。它采用可程序的存储器,用来在内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令,并采用数字式、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设备,都应按易于与工业控制器系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

目前 PLC 已广泛应用于冶金、矿业、机械、轻工等领域,为工业自动化提供了有力的工具,加速了机电一体化的实现。

第二节 PLC 的基本结构及工作原理

一、PLC 的基本结构

目前 PLC 生产厂家很多, 产品结构也各不相同, 但其基本组成部分大致如图 1.1-1 所示。

由图可以看出, PLC 采用了典型的计算机结构, 主要包括 CPU、RAM、ROM 和输入输出接口电路等。其内部采用总线结构进行数据和指令的传输。如果把 PLC 看作一个系统, 该系统由输入变量→PLC→输出变量组成。外部的各种开关信号、模拟信号以及传感器检测的各种信号均作为 PLC 的输入变量, 它们经 PLC 外部输入端子输入到内部寄存器中, 经 PLC 内部逻辑运算或其他各种运算处理后送到输出端子, 它们是 PLC 的输出变量。由这些输出变量对外围设备进行各种控制。这里可以把 PLC 看作一个中间处理器或变换器, 它将输入变量变换为输出变量。

下面结合图 1.1-1 具体介绍各部分的作用。

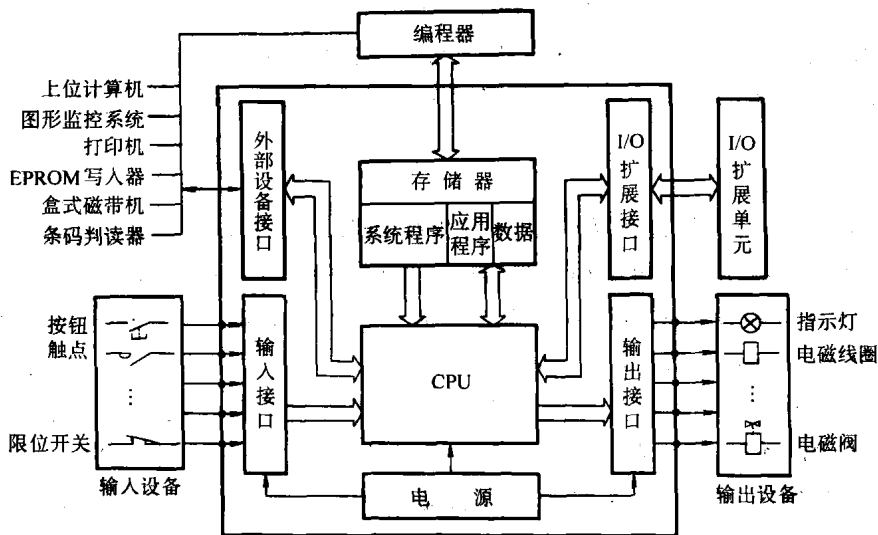


图 1.1-1 PLC 的典型结构

1. CPU

CPU 是中央处理器 (Centre Processing Unit) 的英文缩写。它作为整个 PLC 的核心, 起着总指挥的作用。它主要完成以下功能:

- (1) 将输入信号送入 PLC 中存储起来。
- (2) 按存放的先后顺序取出用户指令, 进行编译。
- (3) 完成用户指令规定的各种操作。
- (4) 将结果送到输出端。
- (5) 响应各种外围设备 (如编程器、打印机等) 的请求。

目前 PLC 中所用的 CPU 多为单片机, 在高档机中现已采用 16 位甚至 32 位 CPU 处理器。

2. 存储器

PLC 内部存储器有两类：一类是 RAM（即随机存取存储器），可以随时由 CPU 对它进行读出、写入；另一类是 ROM（即只读存储器），CPU 只能从中读取而不能写入。RAM 主要用来存放各种暂存的数据、中间结果及用户程序。ROM 主要用来存放监控程序及系统内部数据，这些程序及数据出厂时固化在 ROM 芯片中。

3. 输入输出接口电路

它起着 PLC 和外围设备之间传递信息的作用。为了保证 PLC 可靠的工作，设计者在 PLC 的接口电路上采取了不少措施。常用接口电路的结构如图 1.1-2 所示。

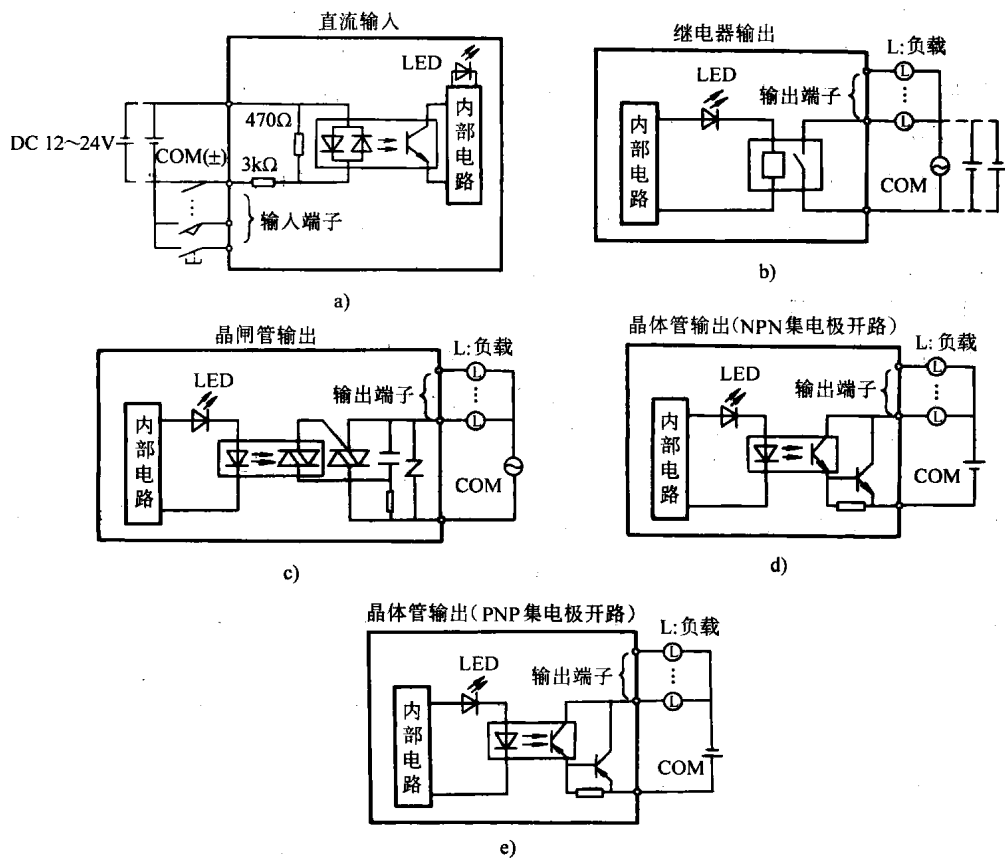


图 1.1-2 PLC 常用接口电路

由图 1.1-2 可见，这些接口电路有以下特点：

(1) 输入端采用光电耦合电路，如图 1.1-2a 所示，它可以大大减少电磁干扰。

(2) 输出也采用光电隔离电路，并分为三种类型：继电器输出型、晶闸管输出型和晶体管输出型，如图 1.1-2b、c、d、e 所示。这使得 PLC 可以适合各种用户的不同要求。其中继电器输出型为有触点输出方式，可用于直流或低频交流负载回路；晶闸管输出型和晶体管输出型皆为无触点输出方式，前者可用于高频大功率交流负载回路，后者则用于高频小功率交流负载回路。而且有些输出电路被做成模块式，可插拔，更换起来十分方便。

4. 电源

PLC 电源是指将外部交流电经整流、滤波、稳压转换成满足 PLC 中 CPU、存储器、输入

输出接口等内部电路工作所需要的直流电路或电源模块。为避免电源间干扰, 输入输出接口电路的电源回路彼此相互独立。

5. 编程工具

编程工具是 PLC 最重要的外围设备, 它实现了人与 PLC 的联系对话。用户利用编程工具不但可以输入、检查、修改和调试用户程序, 还可以监视 PLC 的工作状态、修改内部系统寄存器的设置参数以及显示错误代码等。编程工具分两种, 一种是手持编程器, 只需通过编程电缆与 PLC 相接即可使用; 另一种是带有 PLC 专用工具软件的计算机, 它通过 RS232 通信口与 PLC 连接, 若 PLC 用的是 RS422 通信口, 则须另加适配器。

6. I/O 扩展接口

若主机单元 (带有 CPU) 的 I/O 点数不够用, 可进行 I/O 扩展, 即通过 I/O 扩展接口电缆与 I/O 扩展单元 (不带有 CPU) 相接, 以扩充 I/O 点数。A/D、D/A 单元一般也通过该接口与主机单元相接。

除了上面介绍的几个主要部分外, PLC 上还常常配有连接各种外围设备的接口, 并均留有插座, 可通过电缆方便地配接诸如串行通信模块、EPROM 写入器、打印机、录音机等。

二、PLC 的工作原理

PLC 虽具有微机的许多特点, 但它的工作方式却与微机有很大不同。微机一般采用等待命令的工作方式, 而 PLC 则采用循环扫描工作方式。在 PLC 中用户程序按先后顺序存放, 如图 1.1-3 所示。

对每个程序, CPU 从第一条指令开始执行, 直至遇到结束符后又返回第一条, 如此周而复始不断循环, 每一个循环称为一个扫描周期。

扫描周期的长短主要取决于以下几个因素: 一是 CPU 执行指令的速度; 二是执行每条指令占用的时间; 三是程序中指令条数的多少。一个扫描周期大致可分为 I/O 刷新和执行指令两个阶段, 即

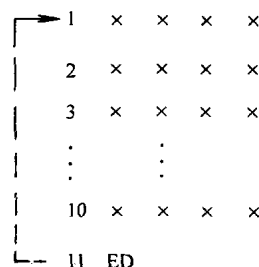
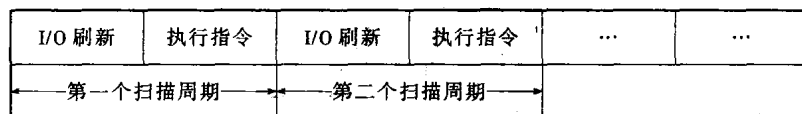


图 1.1-3 PLC 循环扫描工作示意图



所谓 I/O 刷新是指, PLC 先将上一次扫描的执行结果送到输出端, 再读取当前输入的状态, 也就是将存放输入、输出状态的寄存器内容进行一次更新, 故称为 “I (输入) / O (输出) 刷新”。由于每一个扫描周期只进行一次 I/O 刷新, 即每一个扫描周期 PLC 只对输入、输出状态寄存器更新一次, 故使系统存在输入、输出滞后现象, 这在一定程度上降低了系统的响应速度。由此可见, 若输入变量在 I/O 刷新期间状态发生变化, 则本次扫描期间输出会相应地发生变化。反之, 若在本次刷新之后输入变量才发生变化, 则本次扫描输出不变, 而要等到下一次扫描的 I/O 刷新期间输出才会发生变化。由于 PLC 采用循环扫描的工作方式, 所以它的输出对输入的响应速度要受扫描周期的影响。PLC 的这一特点, 一方面使它的响应速度变慢, 但另一方面也使它的抗干扰能力增强, 对一些短时的瞬间干扰, 可能会因响应滞后而躲避开。这对一些慢速控制系统是有利的, 但对一些快速响应系统则不利, 在使用中应特别注意这一点。

总之,采用循环扫描的工作方式,是 PLC 区别于微机和其他控制设备的最大特点,使用者对此应给予足够的重视。

第三节 PLC 的技术性能

各厂家的 PLC 产品技术性能不尽相同,且各有特色,这里不可能一一介绍,只能简单介绍一些基本的技术性能。

一、基本技术性能

1. 输入/输出点数(即 I/O 点数)

这是 PLC 最重要的一项技术指标。所谓 I/O 点数即 PLC 外部的输入、输出端子数。这些端子可通过螺钉或电缆端口与外部设备相连。

2. 程序容量

一般以 PLC 所能存放用户程序的多少来衡量。在 PLC 中程序是按“步”存放的(一条指令少则 1 步、多则十几步),一“步”占用一个地址单元,一个地址单元占两个字节。如一个程序容量为 1000 步的 PLC,可推知其程序容量为 2K 字节。

3. 扫描速度

如上所述,PLC 工作时是按照扫描周期进行循环扫描的,所以扫描周期的长短决定了 PLC 运行速度的快慢。因扫描周期的长短取决于多种因素,故一般用执行 1000 步指令所需时间作为衡量 PLC 速度快慢的一项指标,称为扫描速度,单位为“ms/k”。扫描速度有时也用执行一步指令所需的时间计,单位为“ $\mu\text{s}/\text{步}$ ”。

4. 指令条数

这是衡量 PLC 软件功能强弱的主要指标。PLC 具有的指令种类越多,说明其软件功能越强。PLC 指令一般分为基本指令和高级指令两部分。

5. 内部继电器和寄存器

PLC 内部有许多继电器和寄存器,用以存放变量状态、中间结果、数据等,还有许多具有特殊功能的辅助继电器和寄存器,如定时器、计数器、系统寄存器、索引寄存器等。用户通过使用它们,可简化整个系统的设计。因此内部继电器、寄存器的配置情况常是衡量 PLC 硬件功能的一个指标。

6. 编程语言及编程手段

编程语言一般分为梯形图、助记符语句表、控制系统流程图等几类,不同厂家的 PLC 编程语言类型有所不同,语句也各异。编程手段主要是指用何种编程装置,编程装置一般分为手持编程器和带有相应编程软件的计算机两种。

7. 高级模块

PLC 除了主控模块外还可以配接各种高级模块。主控模块实现基本控制功能,高级模块则可实现某种特殊功能。高级模块的种类及其功能的强弱常用来衡量该 PLC 产品的水平如何。目前各厂家开发的高级模块种类很多,主要有以下这些: A/D、D/A、高速计数、高速脉冲输出、PID 控制、模糊控制、位置控制、网络通信以及物理量转换模块等。这些高级模块使 PLC 不但能进行开关量顺序控制,而且能进行模拟量控制,以及精确的速度和定位控制。特别是网络通信模块的迅速发展,使得 PLC 可以充分利用计算机和互联网的资源,实

现远程监控。近年来出现的网络机床、虚拟制造等就是建立在网络通信技术的基础上。相信 PLC 与网络通信技术结合将会带来传统制造加工产业的又一次革命。

二、PLC 的内存分配及 I/O 点数

在使用 PLC 之前,深入了解 PLC 内部寄存器的配置和功能,以及 I/O 分配情况对使用者是至关重要的。下面是一般 PLC 产品的内部寄存器区划分情况:

I/O 继电器区
内部通用继电器区
数据寄存器区
特殊继电器区
特殊寄存器区
系统寄存器区

每个区分配一定数量的内存单元,并按不同的区命名编号。下面分别介绍各个区:

1. I/O 继电器区

I/O 区的寄存器可直接与 PLC 外部的输入、输出端子传递信息。这些 I/O 寄存器在 PLC 中具有“继电器”的功能,即它们有自己的“线圈”和“触点”。故在 PLC 中又常称这一寄存器区为“I/O 继电器区”。每个 I/O 寄存器由一个字(16 个 bit)组成,每个 bit 位对应 PLC 的一个外部端子,称作一个 I/O 点。I/O 寄存器的个数乘以 16 等于 PLC 总的 I/O 点数。如某 PLC 有 10 个 I/O 寄存器,则该 PLC 共有 160 个 I/O 点。在程序中,每个 I/O 点又都可以看成是一个“软继电器”,有常开触点、也有常闭触点。同一个命名的触点可以反复使用,其使用次数不限。这里的“软继电器”实际就是 PLC 内部的逻辑电路或只是一些存储的逻辑量。在 PLC 中常常用这样的逻辑量代替实际的物理器件,用这种“软继电器”代替“硬继电器”可以大大减少外部接线,增加系统设计的灵活性,便于实现柔性制造系统(FMS)。这可以说是继电接触控制设计上的一个革命,也是 PLC 之所以能逐渐取代传统继电接触控制的一个重要原因。

不同厂家的 PLC 对 I/O 寄存器有不同的编号,有的以 X、Y 分别表示输入、输出端,以下标数字进行编号;还有的用序号为输入、输出分区编号。不同型号的 PLC 配置有不同数量的 I/O 点,一般小型的 PLC 主机有十几至几十个 I/O 点。

若一台 PLC 主机的 I/O 点数不够,可进行 I/O 扩展。一般 I/O 扩展模块中只有 I/O 接口电路、驱动电路,而没有 CPU。它只能通过电缆与主机相连使用,不能单独使用。PLC 的最大扩展能力主要受 CPU 寻址能力和主机驱动能力的限制。

2. 内部通用继电器区

这个区的寄存器与 I/O 区结构相同,即能以字为单位(16 个 bit)使用,也能以位为单位(1 个 bit)使用。不同之处在于它们只能在 PLC 内部使用,而不能直接进行输入输出控制。其作用与中间继电器相似,在程序控制中可存放中间变量。

3. 数据寄存器区

这个区的寄存器只能按字使用,不能按位使用。一般只用来存放各种数据。

4. 特殊继电器、寄存器区

这两个区中的继电器和寄存器的结构并无特殊之处,也是以字或位为一个单元。但它们

都被系统内部占用，专门用于某些特殊目的，如存放各种标志、标准时钟脉冲、计数器和定时器的设定值和经过值、自诊断的错误信息等等。这些区的继电器和寄存器一般不能由用户任意占用。

5. 系统寄存器区

系统寄存器区一般用来存放各种重要信息和参数，如各种故障检测信息、各种特殊功能的控制参数以及 PLC 产品出厂设定值。这些信息和参数保证 PLC 的正常工作。在松下电工的 PLC 产品中，这些寄存器是以十进制数进行编号的记为 “No.n”，其中 n 是系统寄存器的编号。如在 FP1（松下电工的小型 PLC）中，分配了将近 30 个系统寄存器，它们各自存放着不同的信息（见附录三 系统寄存器一览表）。这些信息有的可以进行修改，有的是不能修改的。当需要修改系统寄存器时，必须使用特殊的命令，这些命令的使用方法见有关的使用手册。而通过用户程序，不能读取和修改系统寄存器的内容。

上面介绍了 PLC 的内部寄存器及 I/O 点的概念，这对使用者是十分重要的，至于具体的寄存器及 I/O 编号和分配使用情况，我们将在第二章结合具体机型进行介绍。

第四节 PLC 的功能、特点及应用场合

一、PLC 的主要功能

随着 PLC 技术的不断发展，目前已能完成以下控制功能：

1. 条件控制功能

条件控制（或称逻辑控制或顺序控制）功能是指用 PLC 的与、或、非指令取代继电器触点的串联、并联及其他各种逻辑连接，进行开关控制。

2. 定时/计数控制功能

定时/计数控制功能是指用 PLC 提供的定时器、计数器指令实现对某种操作的定时或计数控制，以取代时间继电器和计数继电器。

3. 步进控制功能

步进控制功能是指用步进指令来实现在有多道加工工序的控制中，只有前一道工序完成后，才能进行下一道工序操作的控制，以取代由硬件构成的步进控制器。

4. 数据处理功能

数据处理功能是指 PLC 能进行数据传送、比较、移位、数制转换、算术运算与逻辑运算以及编码和译码等操作。

5. A/D 与 D/A 转换功能

A/D 与 D/A 转换功能是指通过 A/D、D/A 模块完成模拟量和数字量之间的转换。

6. 运动控制功能

运动控制功能是指通过高速计数模块和位置控制模块等进行单轴或多轴运动控制。

7. 过程控制功能

过程控制功能是指通过 PLC 的 PID 控制指令或模块实现对温度、压力、速度、流量等物理参数的闭环控制。

8. 扩展功能

扩展功能是指通过连接输入/输出扩展单元（即 I/O 扩展单元）模块来增加输入输出点

数,也可通过附加各种智能单元及特殊功能单元来提高 PLC 的控制能力。

9. 远程 I/O 功能

远程 I/O 功能是指通过远程 I/O 单元将分散在远距离的各种输入、输出设备与 PLC 主机相连接,进行远程控制,接收输入信号、传出输出信号。

10. 通信联网功能

通信联网功能是指通过 PLC 之间的联网、PLC 与上位计算机的链接等,实现远程 I/O 控制或数据交换,以完成较大规模的系统控制。

11. 监控功能

监控功能是指 PLC 能监视系统各部分的运行状态和进程,对系统中出现的异常情况进行报警和记录,甚至自动终止运行;也可在线调整、修改控制程序中的定时器、计数器等设定值或强制 I/O 状态。

二、PLC 的主要特点

1. 可靠性高、抗干扰能力强

为保证 PLC 能在工业环境下可靠工作,在设计和生产过程中采取了一系列硬件和软件的抗干扰措施,主要有以下几个方面:

(1) 隔离,这是抗干扰的主要措施之一。PLC 的输入、输出接口电路一般采用光电耦合器来传递信号。这种光电隔离措施,使外部电路与内部电路之间避免了电的联系,可有效地抑制外部干扰源对 PLC 的影响,同时防止外部高电压串入,减少故障和误动作。

(2) 滤波,这是抗干扰的另一个主要措施。在 PLC 的电源电路和输入、输出电路中设置了多种滤波电路,用以对高频干扰信号进行有效抑制。

(3) 对 PLC 的内部电源还采取了屏蔽、稳压、保护等措施,以减少外界干扰,保证供电质量。另外使输入/输出接口电路的电源彼此独立,以避免电源之间的干扰。

(4) 内部设置了连锁、环境检测与诊断、Watchdog (“看门狗”)等电路,一旦发现故障或程序循环执行时间超过了警戒时钟 WDT 规定时间(预示程序进入了死循环),立即报警,以保证 CPU 可靠工作。

(5) 利用系统软件定期进行系统状态、用户程序、工作环境和故障检测,并采取信息保护和恢复措施。

(6) 对用户程序及动态工作数据进行电池备份,以保障停电后有关状态或信息不丢失。

(7) 采用密封、防尘、抗振的外壳封装结构,以适应工作现场的恶劣环境。

另外,PLC 是以集成电路为基本元件的电子设备,内部处理过程不依赖于机械触点,也是保障可靠性高的主要原因;而采用循环扫描的工作方式,也提高了抗干扰能力。

通过以上措施,保证了 PLC 能在恶劣的环境中可靠地工作,使平均故障间隔时间(MTBF)指标高,故障修复时间短。目前,MTBF 一般已达到 $(4 \sim 5) \times 10^4 \text{ h}$ 。

2. 可实现三电一体化

PLC 将电控(逻辑控制)、电仪(过程控制)和电结(运动控制)这三电集于一体,可以方便、灵活地组合成各种不同规模 and 要求的控制系统,以适应各种工业控制的需要。

3. 编程简单、使用方便、控制程序可变、具有很好的柔性

PLC 继承传统继电器控制电路清晰直观的特点,充分考虑电气工人和技术人员的读图习惯,采用面向控制过程和操作者的“自然语言”——梯形图为基础编程语言,容易学习和掌

握。PLC 控制系统采用软件编程来实现控制功能，其外围只需将信号输入设备（按钮、开关等）和接收输出信号执行控制任务的输出设备（如接触器、电磁阀等执行元件）与 PLC 的输入、输出端子相连接，安装简单、工作量少。当生产工艺流程改变或生产线设备更新时，不必改变 PLC 硬设备，只需改编程序即可，灵活方便，具有很强的“柔性”。

4. 体积小、重量轻、功耗低

由于 PLC 是专为工业控制而设计的，其结构紧密、坚固、体积小巧，易于装入机械设备内部，是实现机电一体化的理想控制设备。

三、PLC 的应用范围

随着微电子技术的快速发展，PLC 的制造成本不断下降，而其功能却大大增强。目前在先进工业国家中 PLC 已成为工业控制的标准设备，应用面几乎覆盖了所有工业企业，诸如钢铁、冶金、采矿、水泥、石油、化工、轻工、电力、机械制造、汽车、装卸、造纸、纺织、环保、交通、建筑、食品、娱乐等各行各业，日益跃居现代工业自动化三大支柱（PLC、ROBOT、CAD/CAM）的主导地位。

自从美国研制出世界第一台 PLC 以来，德国、日本等许多国家也相继开发出各自的产品，并受到工业界的普遍欢迎。美国著名的商业情报公司 FROST SULLIVAN 公司在 1982 年曾对该国的石油、化工、冶金、机械等行业的 400 多个工厂企业进行统计调查，结果表明 PLC 在企业中的应用相当普及（见表 1.1-1）。PLC 销售额的年增长率超过 20%。

表 1.1-1 各种工业控制设备的使用情况

工业自动化设备	名 次	所占比例 (%)
可编程控制器	1	82
自动化仪表	2	79
计算机控制	3	43
专用控制器	4	36
数据采集系统	5	27
能源管理系统	6	24
自动材料处理系统	7	23
分散控制系统	8	22
自动检查与测试	9	18
数控 (DNC 和 CNC)	10	15
材料供应计划系统	11	14
传送机械	12	9
CAD/CAM	13	8
机器人、机器人手	14	6

四、PLC 的主要应用类型

可编程控制器所具有的功能，使它既可用于开关量控制，又可用于模拟量控制；既可用于单机控制，又可用于组成多级控制系统；既可控制简单系统，又可控制复杂系统。它的应用可大致归纳为如下几类：

1. 逻辑控制

逻辑控制是 PLC 最基本、最广泛的应用方面。用 PLC 可取代传统继电器系统和顺序控制器，实现单机控制、多机控制及生产自动线控制，如各种机床、自动电梯、高炉上料、注

塑机械、包装机械、印刷机械、纺织机械、装配生产线、电镀流水线、货物的存取、运输和检测等的控制。

2. 运动控制

运动控制是通过配用 PLC 的单轴或多轴等位置控制模块、高速计数模块等来控制步进电动机或伺服电动机,从而使运动部件能以适当的速度或加速度实现平滑的直线运动或圆弧运动。可用于精密金属切削机床、成型机械、装配机械、机械手、机器人等设备的控制。

3. 过程控制

过程控制是通过配用 A/D、D/A 转换模块及智能 PID 模块实现对生产过程中的温度、压力、流量、速度等连续变化的模拟量进行单回路或多回路闭环调节控制,使这些物理参数保持在设定值上。在各种加热炉、锅炉等的控制以及化工、轻工、食品、制药、建材等许多领域的生产过程中有着广泛的应用。

4. 数据处理

许多 PLC 具有数学运算(包括逻辑运算、函数运算、矩阵运算等)、数据的传输、转换、排序、检索和移位以及数制转换、位操作、编码、译码等功能,可以完成数据的采集、分析和处理任务。这些数据可以与存储在数据存储器中的参考值进行比较,也可传送给其他的智能装置,或者输送给打印机打印制表。数据处理一般用于大、中型控制系统,如数控机床、柔性制造系统、过程控制系统、机器人控制系统等。

5. 多级控制

多级控制是指利用 PLC 的网络通信功能模块及远程 I/O 控制模块可以实现多台 PLC 之间的链接、PLC 与上位计算机的链接,以达到上位计算机与 PLC 之间及 PLC 与 PLC 之间的指令下达、数据交换和数据共享,这种由 PLC 进行分散控制、计算机进行集中管理的方式,能够完成较大规模的复杂控制,甚至实现整个工厂生产的自动化。

第五节 PLC 的分类

目前各个厂家生产的 PLC 其品种、规格及功能都各不相同。其分类也没有统一标准,这里仅介绍常见的三种分类方法供参考,见表 1.1-2~表 1.1-4。

表 1.1-2 按结构形式分类

分 类	结 构 形 式	主 要 特 点
一体式	将 PLC 的各部分电路包括 I/O 接口电路、CPU、存储器、稳压电源均封装在一个机壳内,称为主机。主机可用电缆与 I/O 扩展单元、智能单元、通信单元相连接	结构紧凑、体积小、价格低。一般小型 PLC 机采用这种结构。常用于单机控制的场合
模块式	将 PLC 的各基本组成部分做成独立的模块,如 CPU 模块(包括存储器)、电源模块、输入模块、输出模块。其他各种智能单元和特殊功能单元也制成各自独立的模块。然后通过插槽板以搭积木的方式将它们组装在一起,构成完整的系统	对被控对象应变能力强,便于灵活组合。可随意插拔,易于维修。一般中、大型机都采用这种结构

表 1.1-3 按 I/O 点数和程序容量分类

分 类	I/O 点数	程序容量
超小型机	64 点以内	256 ~ 1000 字节
小型机	64 ~ 256	1 ~ 3.6K 字节
中型机	256 ~ 2048	3.6 ~ 13K 字节
大型机	2048 以上	13K 字节以上

表 1.1-4 按功能分类

分 类	主 要 功 能	应 用 场 合
低档机	具有逻辑运算、定时、计数、移位及自诊断、监控等基本功能。有的还有少量的模拟量 I/O、数据传送、运算及通信等功能	主要适用于开关量控制、顺序控制、定时/计数控制及少量模拟量控制的场合
中档机	除了进一步增加以上功能外，还具有数制转换、子程序调用、通信联网功能，有的还具有中断控制、PID 回路控制等功能	适用于既有开关量又有模拟量的较为复杂的控制系统，如过程控制、位置控制等
高档机	除了进一步增加以上功能外，还具有较强的数据处理功能、模拟量调节、特殊功能的函数运算、监控、智能控制及通信联网的功能	适用于更大规模的过程控制系统，并可构成分布式控制系统；形成整个工厂的自动化网络

注：以上分类并不很严格，特别是市场上许多小型机已具有中、大型机功能，故表中所列仅供参考。

第六节 PLC 的编程语言

PLC 的编程语言目前主要有以下几种：梯形图语言、助记符语言、语句表语言和流程图 (SFC) 语言。也有一些 PLC 可用 BASIC 等高级语言进行编程，但很少使用。其中前两种用得最为广泛。

图 1.1-4 所示是一个采用 SFC 语言编程的例子。图 1.1-4a 是表示该任务的示意图，要求控制电动机正反转，实现小车往返行驶。按钮 SB 控制起、停。SQ11、SQ12、SQ13 分别为三个限位开关，控制小车的行程位置。图 1.1-4b 是动作要求示意图；图 1.1-4c 是按照动作要求画出的流程图；图 1.1-4d 是将流程图中符号改为 PLC 指定符号后的流程图程序。可以看到：整个程序完全按动作顺序直接编程，非常直观简便，思路很清楚，很适合顺序控制的场合。由于流程图语言编译较为复杂，目前仅限于一些大公司生产的 PLC 中使用。

本书主要介绍梯形图语言和助记符语言。应该指出，由于 PLC 的设计和生产至今尚无国际统一标准，因而不同厂家生产的 PLC 所用语言和符号也不尽相同。但它们的梯形图语言的基本结构和功能是大同小异的，所以了解其中一种就很容易学会其他。本节只介绍一些有关 PLC 编程语言的基本知识，在第二章中将结合具体产品详细介绍。