



普通高等教育“十二五”规划教材
电气工程·自动化专业规划教材

王冬青 主 编
丁 锋 主 审

欧姆龙CP1系列 PLC原理与应用



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十二五”规划教材

电气工程·自动化专业规划教材

欧姆龙 CP1 系列 PLC 原理与应用

王冬青 主编

丁 锋 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以欧姆龙(OMRON)CP1 系列可编程序控制器为背景,系统阐述了 CP1 系列 PLC 的硬件组成、工作原理和指令系统,包括中断类指令和脉冲输出指令,还介绍了任务编程方式、模拟量输入/输出单元的使用、CX-P 编程软件的使用和功能块编程。详细讲解了 PLC 控制系统的设计方法,并列举了常用的编程实例。本书还特别介绍了欧姆龙小型多功能变频器 3G3MX2 的使用方法。本书内容新颖,语言通俗易懂,理论联系实际。为了便于教学与自学,配有一定数量的习题,并编写了内容丰富的实验指导。本书还配有丰富的 PPT 课件。

本书可作为高等院校自动化、电气技术、机电一体化及相关专业的教材,也可以作为工程技术人员继续教育的参考书或 PLC 的培训教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容
版权所有·侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

欧姆龙 CP1 系列 PLC 原理与应用 / 王冬青主编. —北京: 电子工业出版社, 2011.10

电气工程·自动化专业规划教材

ISBN 978-7-121-14584-1

I. ①欧… II. ①王… III. ①可编程序控制器—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 185777 号

策划编辑: 史鹏举

责任编辑: 史鹏举 文字编辑: 王 纲

印 刷: 北京市海淀区四季青印刷厂

装 订: 三河市鹏成印业有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 21.25 字数: 614 千字

印 次: 2011 年 10 月第 1 次印刷

定 价: 38.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话: (010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010)88258888。

前 言

可编程控制器(Programmable Logic Controller, PLC)是集计算机技术、自动控制技术、通信技术为一体的自动控制装置。PLC 作为工业自动化的三大支柱(PLC、工业机器人、CAD/CAM)之一,已被广泛地应用于工业控制的各个领域。

目前,PLC 产品大致可分成美国、欧洲和日本三个流派。在我国的 PLC 市场上,日本的小型机产品销量较大。CP1(CP1H/CP1L/CP1E)系列 PLC 是日本欧姆龙公司自 2005 年陆续推出的整体式小型机,其中 CP1H 是凝聚了多种功能的小型高性能 PLC,其 CPU 单元具有 20/40 点型,是一款性价比、功能完备的通用控制器。其特点是结构紧凑,集成了开关量控制、模拟量控制、高速计数、高速脉冲输出、串行通信等功能于一身。CP1L/CP1E 具有经济、简单和高效的特点,有丰富的 CPU 单元,具有 10/14/20/30/40/60 点型。

CP1 系列 PLC 指令丰富,采用任务编程方式(CP1E 除外)并支持功能块编程方法使编程更加清楚、简便。CP1 系列 PLC 取消了手持编程器配置,没有通常的外设接口,取而代之的是 USB 端口。最多有两个串行通信功能端口,可自由选择 RS232C 和 RS485。

本书以 CP1H PLC 为典型代表,阐述了 CP1 系列 PLC 的硬件组成、工作原理和指令系统,详细介绍了中断类指令和脉冲输出指令的应用,还介绍了任务编程方式、模拟量输入/输出单元的使用、CX-P 编程软件的使用和功能块编程。书中讲解了 PLC 控制系统的设计方法,列举了常用的编程实例。本书还特别介绍了欧姆龙小型多功能变频器 3G3MX2 的使用方法。

目前欧姆龙公司主推的小、中和大型机分别为:CP1(CP1H/CP1L/CP1E)、CJ1 和 CS1 系列。CP1 系列 PLC 的内部存储器设置及指令系统与 CJ1/CS1 系列 PLC 几乎相同。所不同的是,CP1 系列是整体结构,而 CJ1 和 CS1 是模块式结构。第 2 章介绍了 CJ1/CS1 的 I/O 通道分配,所以本书介绍的编程和应用也适用于 CJ1 和 CS1 系列 PLC。

本书内容新颖,语言通俗易懂,理论联系实际。为便于教学与自学,配有一定数量的习题,并编写了内容丰富的实验指导。

本书配有 PPT 等教学资源,可登录电子工业出版社华信教育资源网 www.hxedu.com.cn,免费注册下载。

本书编写过程中,欧姆龙自动化(中国)有限公司提供了设备和大力支持,在此致以衷心感谢。

全书共 9 章,由王冬青执笔,韩卓玉参与了第 8 章的编写。本书由丁锋教授审阅并定稿。参加本书编写工作的还有初燕云、李健、王丽美、高聪聪、王杰、孟敬、孙永康。

由于编者水平有限,错误和疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

E-mail: dqwang64@163.com

编 者

目 录

第 1 章 可编程控制器概述	(1)	3.3 顺序输入/输出指令及指令 的形式	(43)
1.1 PLC 的基本概念	(1)	3.3.1 顺序输入/输出指令	(43)
1.1.1 PLC 的定义	(1)	3.3.2 指令的微分/非微分形式和即时 刷新形式	(48)
1.1.2 PLC 的特点	(2)	3.4 时序控制指令	(48)
1.2 PLC 的基本组成	(3)	3.4.1 结束指令 END 和空指令 NOP	(48)
1.3 PLC 的编程语言	(8)	3.4.2 互锁 IL/互锁解除 ILC 指令	(49)
1.4 PLC 的工作方式和性能指标	(11)	3.4.3 暂存继电器 TR	(51)
1.4.1 PLC 的循环扫描工作方式	(11)	3.4.4 跳转 JMP/跳转结束 JME 指令	(52)
1.4.2 PLC 的主要性能指标	(13)	3.4.5 其他顺序控制指令	(53)
1.5 PLC 产品及资料下载	(14)	3.5 定时器/计数器指令	(54)
习题	(15)	3.5.1 定时器 TIM/TIMH 指令	(54)
第 2 章 CP1 系列 PLC 的组成	(16)	3.5.2 计数器 CNT/CNTR 指令	(55)
2.1 CP1 系列 PLC 的基本构成	(16)	3.6 数据传送指令	(58)
2.1.1 CP1 系列 PLC 的主机	(16)	3.6.1 传送 MOV/@MOV、求反传送 MVN/@MVN 指令	(60)
2.1.2 CP1 系列 PLC 的其他功能	(21)	3.6.2 块设置指令 BSET	(60)
2.2 CP1 系列 PLC 的扩展单元	(24)	3.7 数据比较指令	(61)
2.2.1 连接 CP1W 和 CPM1A 系列扩展 单元	(24)	3.7.1 常用比较指令	(61)
2.2.2 连接 CJ1 系列高性能 单元	(26)	3.7.2 条件类比较指令	(63)
2.3 CP1 系列 PLC 的存储器分配	(27)	3.7.3 时刻类比较指令	(64)
2.3.1 CPH/CPI 系列 PLC 的 I/O 存储器分配	(27)	3.7.4 其他比较指令	(65)
2.3.2 CPE 系列 PLC 的 I/O 存储器 分配	(31)	3.8 数据移位指令	(66)
2.4 CJ1/CS1 的 I/O 通道分配	(32)	3.8.1 数据移位寄存器指令 SFT	(68)
2.4.1 CJ1 的 I/O 通道分配	(32)	3.8.2 可逆移位寄存器指令 SFTR/ @SFTR	(69)
2.4.2 CS1 的 I/O 通道分配	(34)	3.8.3 数字左、右移位指令 SLD/@SLD、 SRD/@SRD	(70)
习题	(35)	3.8.4 字移位指令 WSFT/@WSFT	(71)
第 3 章 CP1 系列 PLC 的指令系统	(37)	3.9 数据转换指令	(71)
3.1 指令概述	(37)	3.9.1 BCD 码→BIN 码转换指令 BIN/@BIN	(73)
3.2 基本指令及编程	(39)		
3.2.1 基本指令	(39)		
3.2.2 基本编程规则和编程方法	(41)		

3.9.2	BIN 码→BCD 码转换指令 BCD/@BCD	(74)	4.2.2	CX-P 工程	(124)
3.9.3	4→16/8→256 译码指令 MLPX	(74)	4.2.3	CX-P 视图	(128)
3.9.4	16→4/256→8 编码指令 DMPX	(75)	4.2.4	其他常用的操作	(134)
3.9.5	ASCII 码转换指令 ASC ...	(76)	4.3	CX-P 编程	(135)
3.9.6	七段译码指令 SDEC	(76)	4.3.1	建立一个新工程	(135)
3.10	递增/递减指令	(77)	4.3.2	生成符号和地址	(135)
3.11	数据运算指令	(78)	4.3.3	程序编辑	(136)
3.11.1	十进制运算指令	(78)	4.3.4	程序编译	(140)
3.11.2	二进制运算指令	(83)	4.3.5	在线工作	(140)
3.12	逻辑运算指令	(85)	4.4	CX-P 的功能块编程	(143)
3.13	浮点转换、运算指令	(87)	4.4.1	创建功能块	(143)
3.13.1	浮点数	(87)	4.4.2	功能块的使用	(152)
3.13.2	浮点数与二进制数间的转换 指令	(90)	习题		(158)
3.13.3	浮点数加+F、减-F、乘*F、除/F 运算指令	(92)	第 5 章	任务编程方法	(159)
3.13.4	角度↔弧度变换指令	(96)	5.1	任务程序概述	(159)
3.13.5	三角函数运算指令	(98)	5.2	任务的使用方法	(162)
3.13.6	平方根 SQRT、指数 EXP、对数 LOG 指令	(101)	5.3	中断任务	(166)
3.13.7	浮点数运算的应用举例 ...	(103)	5.3.1	CP1 系列 PLC 的中断功能...	(166)
3.14	子程序控制指令	(104)	5.3.2	输入中断	(170)
3.14.1	子程序调用 SBS、子程序开始 SBN、 子程序返回 RET 指令 ...	(105)	5.3.3	高速计数器中断	(173)
3.14.2	宏指令 MCRO	(107)	5.3.4	脉冲输出控制指令	(186)
3.15	步进控制指令	(108)	5.3.5	间隔定时器中断	(195)
3.15.1	步启动 SNXT 指令、步定义 STEP 指令	(108)	5.3.6	综合例子	(196)
3.15.2	步进程序的结构及程序的编写 规则	(109)	习题		(200)
3.15.3	步进程序的执行过程	(111)	第 6 章	PLC 控制系统的设计	(201)
3.15.4	步进控制实例	(113)	6.1	概述	(201)
习题		(117)	6.1.1	PLC 控制系统设计的基本 步骤	(201)
第 4 章	编程软件 CX-P	(121)	6.1.2	PLC 的应用程序	(202)
4.1	CX-P 简介	(121)	6.2	程序设计方法	(203)
4.2	CX-P 的使用	(122)	6.2.1	逻辑设计法	(203)
4.2.1	CX-P 主窗口	(122)	6.2.2	时序图设计法	(205)
			6.2.3	顺序控制设计法	(208)
			6.2.4	经验设计法	(218)
			6.2.5	继电器控制电路图转换 设计法	(222)
			6.2.6	具有多种工作方式系统的编程 方法	(224)
			6.3	应用程序实例	(231)
			6.3.1	自动定时搅拌系统	(231)

6.3.2 定位及减速控制	(233)	8.2.2 3G3MX2 系列变频器	273
6.3.3 汽车自动清洗机	(233)	8.3 3G3MX2 变频器的运行控制 ...	280
6.3.4 霓虹灯控制电路	(234)	8.3.1 变频器操作面板的操作	280
6.3.5 三层载货电梯控制	(236)	8.3.2 3G3MX2 运行的操作面板	
6.3.6 自动售货机的控制	(239)	控制	282
6.3.7 送料小车的控制	(242)	8.3.3 3G3MX2 运行的外部电路	
6.3.8 传送带控制系统	(243)	控制	283
6.3.9 配料槽控制系统	(244)	8.3.4 CPlH 通过输出端子直接控制	
6.3.10 U 形板折板机的 PLC		变频器	290
控制	(246)	8.3.5 CPlH 通过 Modbus-RTU 简易主站	
6.3.11 并行序列顺序控制	(250)	功能控制变频器	296
习题	(252)	8.3.6 利用 CX-Drive 软件控制	
第 7 章 CP1 系列 PLC 的模拟量功能 ...	255	变频器	301
7.1 CP1 系列 PLC 的内置模拟量输入/输出		习题	304
功能	255	第 9 章 PLC 实验	307
7.1.1 模拟量输入/输出功能介绍 ...	255	9.1 熟悉 PLC 及 CX-P 编程软件 ...	307
7.1.2 模拟量输入/输出功能的使用	258	9.2 定时器/计数器指令	311
7.2 CP1 系列 PLC 的扩展模拟量输入/输出		9.3 三相异步电动机的 PLC 控制 ...	313
单元	260	9.4 互锁/跳转/数据比较/数据移位/数据	
7.2.1 CPlW 和 CPM1A 系列模拟量		传送指令	314
扩展单元	260	9.5 彩灯的 PLC 控制	317
7.2.2 CPM1A-MAD01 模拟量 I/O		9.6 数据转换及数据运算指令	318
单元	261	9.7 十字路口交通灯控制	322
习题	266	9.8 子程序指令与中断控制指令 ...	324
第 8 章 欧姆龙 3G3MX2 变频器	267	9.9 三人抢答器控制程序	326
8.1 变频器概述	267	9.10 变频器的基本运行	328
8.1.1 变频器的构成	267	9.11 变频器的多段速运行	329
8.1.2 变频器的分类	269	参考文献	(332)
8.1.3 变频器的控制方式	270		
8.1.4 变频器的主要功能	272		
8.2 欧姆龙 3G3MX2 变频器	272		
8.2.1 欧姆龙变频器简介	272		

第1章 可编程控制器概述

1.1 PLC 的基本概念

1.1.1 PLC 的定义

可编程控制器 (Programmable Controller) 是为工业控制应用而设计制造的。早期的可编程控制器称为可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC), 如今人们仍然沿用 PLC 作为可编程控制器的缩写。它是一个以微处理器为核心的数字运算操作的电子系统装置, 专为工业现场应用而设计, 它采用可编程的存储器, 用于在其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指令, 并通过数字式或模拟式的输入、输出接口, 控制各种类型的机械或生产过程。

1987 年 2 月国际电工委员会 (International Electrotechnical Commission, IEC) 发布了可编程控制器标准草案第三稿, 其中对 PLC 定义如下: 可编程控制器是一种数字运算操作电子系统, 专为在工业环境下应用而设计。它采用了可编程序的存储器, 用来在其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, 并通过数字的、模拟的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关的外围设备, 都应按易于与工业控制系统形成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。

20 世纪 60 年代末, 由于市场的需要, 工业生产从大批量、少品种的生产方式转变为小批量、多品种的生产方式。但是, 当时这种大规模生产线的控制大多是继电器控制系统, 体积大, 耗电多, 容易损坏, 而且改变生产程序非常困难。为了改变这种状况, 满足生产产品多样性的要求, 1968 年美国通用汽车公司公开对外招标, 要求用新的电气控制装置取代继电器控制装置, 以适应灵活、快速地改变生产程序的要求。

1969 年美国数字设备公司 (Digital Equipment Corporation, DEC) 研制成功了世界上第一台 PLC, 并在美国通用汽车的生产线上试验成功, 从此开辟了可编程逻辑控制器的时代。1971 年, 日本引进了这项技术, 很快就研制出了日本第一台 PLC。1973 年, 原西德和法国也研制出了自己的 PLC。20 世纪 70 年代中期, 欧美及日本的 PLC 产品中多以微处理器及大规模集成电路芯片为其核心部件, 使 PLC 的功能进一步扩展, 并且有了自诊断功能, 可靠性得到了进一步提高。随着微电子技术的迅猛发展, 20 世纪 80 年代中期, PLC 的处理速度和可靠性大大提高, 不仅增加了多种特殊功能, 而且体积进一步缩小, 成本大幅度下降。到 20 世纪 90 年代中期之后, PLC 几乎完全计算机化, 其速度更快, 功能更强, PLC 的各种智能化模块不断被开发出来, 一些厂家还推出了 PLC 的计算机辅助编程软件, 许多小型 PLC 的性能也不可小视。

现在, PLC 不仅能进行逻辑控制, 在模拟量的闭环控制、数字量的智能控制、数据采集、监控、通信连网及集散控制等方面都得到了广泛的应用。如今大、中型, 甚至小型 PLC 都配有 A/D、D/A 转换及算术运算功能, 有的还具有 PID 功能。这些功能使 PLC 应用于模拟量的闭环控制、运动控制、速度控制等具有了硬件基础; PLC 具有输出和接收高速脉冲的功能, 配合相应的传感器及伺服装置, PLC 可以实现数字量的智能控制; PLC 配合可编程终端设备 (如触摸屏), 可以实时显示采集到的现场数据及分析结果, 为分析和研究系统提供依据; 利用 PLC 的自检信号可实现系统监控; PLC 具有较强的通信功能, 可与计算机或其他智能装置进行通信和连网, 从而能方便地实现集散控制。功能完备的 PLC 不仅能满足控制的要求, 而且能满足现代化大生产管理需要。

目前,世界上一些著名电器生产厂家几乎都在生产 PLC,产品功能日趋完善,换代周期越来越短。为了进一步扩大 PLC 在工业自动化领域的应用范围,适应大中小型企业不同需要,PLC 产品大致向两个方向发展:小型 PLC 向体积缩小、功能增强、速度加快、价格低廉的方向发展,使之能更加广泛地取代继电器控制,更便于实现机电一体化;大中型 PLC 向高可靠性、高速度、多功能、网络化的方向发展,将 PLC 系统的控制功能和信息管理功能融为一体,使之能对大规模、复杂系统进行综合性的自动控制。

1.1.2 PLC 的特点

PLC 作为一种专为工业环境应用而设计的数字运算操作电子系统,其优越性主要体现在以下的几个方面。

1. 控制功能强

PLC 所采用的 CPU 一般是具有较强位处理功能的位处理机,为了增强其复杂的控制功能和通信连网等管理功能,可采用双 CPU 的运行方式,使其功能得到极大的加强。

2. 可靠性高,抗干扰能力强

继电器控制系统中,由于器件的老化,脱焊、触点的抖动及触点电弧等现象是不可避免的,大大降低了系统的可靠性。继电器控制系统的维修工作不仅耗资费时,而且由于停产维修所造成的损失也不可估量。而在 PLC 控制系统中,大量的开关动作是由无触点的半导体电路来完成的,加之 PLC 在硬件和软件方面都采取了强有力的措施,使产品具有极高的可靠性和抗干扰能力,故此 PLC 可以直接安装在工业现场而稳定地工作。从国内外使用 PLC 的实际情况来看,平均无故障率可以达到几万甚至几十万小时以上。因而 PLC 被誉为“专为适应恶劣的工业环境而设计的计算机”。

3. 编程语言简单易学

PLC 采用的是梯形图编程语言,与早期的继电器控制图非常相似,理解方式相同,非常清晰直观,了解继电器控制技术的电气人员很容易学会。

4. 适用于恶劣的工业环境

PLC 采用封装的方式,适合于各种振动、腐蚀、污染、有毒气体的应用场合。

5. PLC 与外部设备连接方便

PLC 上采用统一接线方式的可拆装的端子排,不同端子适合不同的功能。例如,PLC 的输入接口可以直接与各种输入设备(如按钮、各种传感器等)连接,输出接口具有较强的驱动能力,可以直接与继电器、接触器、电磁阀等强电电器连接,接线简单,使用非常方便。

6. PLC 的扩展能力强

通过增加扩展机架使 PLC 可用于控制从几个 I/O 点到几百个 I/O 点的控制系统。同时也可以根据工业现场的需要,给 PLC 增加一些特殊功能的模块,如以太网模块、模拟量模块、位置模块、运动控制模块等。

7. 体积小、质量轻、易于实现机电一体化

由于 PLC 内部电路主要采用半导体集成电路,所以具有结构紧凑、体积小、质量轻、功耗低的特点。更由于其能适应各种恶劣的环境和具备很强的抗干扰能力,因而成为实现机电一体化十分理想的控制装置。

8. 性价比高

与其他的控制方式相比, PLC 控制系统设计周期短, 可以在实验室进行模拟调试, 使现场的工作量大大减少, 省时省力。

1.2 PLC 的基本组成

PLC 是以微处理器为核心的一种特殊的工业用计算机, 其结构与一般的计算机相类似, 由中央处理单元(CPU)、存储器(RAM、ROM、EPROM、EEPROM 等)、输入接口、输出接口、I/O 扩展接口、外部设备接口及电源等组成。

根据结构形式不同, PLC 可分为整体式(也称箱体式)和组合式(也称模块式)两类。整体式 PLC 是将中央处理单元(CPU)、存储器、输入单元、输出单元、电源、通信接口、I/O 扩展接口等组装在一个箱体内构成主机。另外还有独立的扩展单元等与主机配合使用。整体式 PLC 的结构紧凑、体积小, 小型机常采用这种结构, 基本组成如图1.1所示。日本欧姆龙(OMRON)公司的 CPM1A、CPM2A 和 CP1 系列(CP1 H/CP1L/CP1E)均为整体式 PLC。

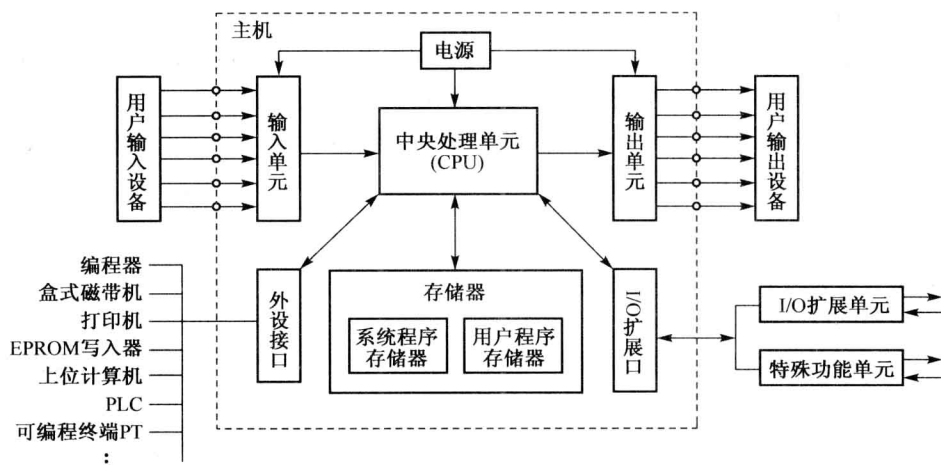


图 1.1 整体式 PLC 的组成示意图

组合式 PLC 的组成如图1.2所示。这种结构的 PLC 是将 CPU 单元、输入单元、输出单元、智能 I/O 单元和通信单元等分别做成相应的电路板或模块, 各模块可以插在底板上, 模块之间通过底板上的总线相互联系。装有 CPU 的单元称为 CPU 模块, 其他单元称为扩展模块。CPU 与各扩展模块之间若通过电缆连接, 距离一般不超过 10 m。中、大型机常采用组合式。日本欧姆龙(OMRON)公司的 C200H、CJ1M 和 CS1 等为组合式 PLC。

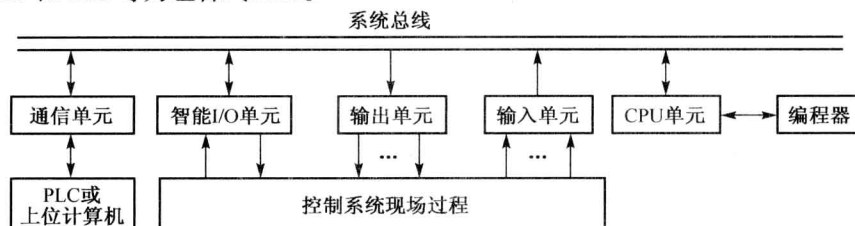


图 1.2 组合式 PLC 的组成示意图

本书将重点介绍的 CP1(包括 CP1H、CP1L 和 CP1E)系列 PLC 为整体式, CP1H 单元具有 20 点和 40 点规格的输入/输出电路, CP1L/CP1E CPU 单元具有 10 点、14 点、20 点、30 点、40 点和 60

点规格的输入/输出电路。CP1 系列 PLC 将模块式的各个单元集成为一体,不如模块式灵活但是使用方便。如果 I/O 点数不够,可用 CP1 系列的基本 I/O 扩展单元 CP1W(或 CPM1A 和 CPM2A 的基本 I/O 扩展单元 CPM1A)进行扩展。不同型号的 CP1 系列 PLC 可以连接的扩展单元的类型和数量不同。另外,CP1 系列 PLC 可以连接 CJ 系列特殊 I/O 单元或 CPU 总线单元。

下面以 CP1H 为例,介绍 CP1 系列 PLC 各组成部分及其作用。PLC 的具体型号不同时,其组成部分及作用会稍有差异。CP1 系列不同 PLC 的差异将在第 2 章中介绍。

1. 中央处理单元(CPU)

CPU 是 PLC 的核心部件,它类似人的大脑,能指挥 PLC 按照预先编好的系统程序完成各种任务,其作用有以下几点。

- ① 接收、存储由编程工具输入的用户程序和数据,并可通过显示器显示出程序的内容和存储地址。
- ② 检查、校验用户程序。对正在输入的用户程序进行检查,发现语法错误立即报警,并停止输入;在程序运行过程中若发现错误,则立即报警或停止程序的执行。
- ③ 接收、调用现场信息。将接收到现场输入的数据保存起来,在需要该数据的时候将其调出并送到需要该数据的地方。
- ④ 执行用户程序。当 PLC 进入运行状态后,CPU 根据用户程序存放的先后顺序,逐条读取、解释和执行程序,完成用户程序中规定的各种操作,并将程序执行的结果送至输出端,以驱动 PLC 外部的负载。
- ⑤ 故障诊断。诊断电源、PLC 内部电路的故障,根据故障或错误的类型,通过显示器显示出相应的信息,以提示用户及时排除故障或纠正错误。

2. 存储器

存储器可以分为以下两种。

(1) 系统程序存储器

系统程序是厂家根据其选用 CPU 的指令系统编写的,它决定了 PLC 的功能。系统程序一般由厂家直接固化在只读 ROM 或 EPROM 之中,用户不能更改其内容。它包括如下内容。

检查程序: PLC 加电后,由检查程序检查 PLC 各部件操作是否正常,并显示。

翻译程序: 将用户输入的程序转换成由微机指令组成的程序,然后再执行。

监控程序: 相当于总控程序,根据用户的需要调用相应的内部程序。

(2) 用户程序存储器

用户根据控制要求而编制的应用程序称为用户程序。不同机型的 PLC,其用户程序存储器的容量可能差异较大。用户程序经常需要改动,所以用户程序存储器必须可读/写。用户程序和数据存储在随机存取存储器 RAM 中。一般要用后备电池(锂电池)进行掉电保护,以防掉电时丢失程序和数据。CP1H 系列整体式 PLC,可选外置快闪存储卡,容量达 512 KB,并含有内置闪存,用户程序和参数区(如 PLC 设置)是自动备份和自动恢复的。

3. 输入/输出单元

输入/输出(I/O)单元(或 I/O 模块)是 PLC 与外部设备相互联系的窗口。输入单元接收现场设备向 PLC 提供的信号,例如,由按钮、操作开关、限位开关、继电器触点、接近开关、拨码器等提供的开关量信号,可使用开关量输入单元接收这些开关量信号;可使用模拟量(A/D)输入单元接收温度传感器及变送器发出的直流电压信号;可使用高速计数单元接收旋转编码器发出的脉冲信号等。输入单元将接收到的各种现场信号转换成 CPU 能够接收和处理的信号。输出单元通常有开关量输出、脉冲输出和模拟量输出 3 种输出单元。开关量输出单元用于驱动控制继电器、接触器、电磁阀及指示

灯等。脉冲输出单元用于连接步进电动机驱动器，驱动步进电动机，构成定位控制系统；也可以连接具有脉冲输入端口的交流伺服驱动器，驱动交流永磁同步电动机，构成位置闭环控制系统。模拟量(D/A)输出单元可用于连接具有模拟量输入端口的直流驱动器，驱动直流电动机构成直流调速系统或位置控制系统；也可用于连接具有模拟量输入端口的交流伺服驱动器，驱动交流伺服电动机，构成速度控制系统、位置控制系统或同步控制系统等。

(1) 数字量(开关量)输入单元

欧姆龙公司的 CP1H 带有内置输入/输出端子。X/XA 型 CPU 单元的数字量(开关量)输入单元的接点占用输入继电器 0CH 的 00~11 位 12 点，和 1CH 的 00~11 位 12 点，共计 24 点。因为 0CH/1CH 的高位位 12~15 通常被系统清除，故不可作为内部辅助继电器使用。输入电路如图 1.3 所示，性能指标见表 1.1。图 1.3(a) 中点画线框内为输入电路，框外左侧为现场用户接线；3.0 kΩ 为限流电阻；910 Ω 与 1000 pF 构成滤波器，用以除去输入信号中的高频干扰；虚线框内为光电耦合器输入指示灯，由发光二极管和光敏三极管组成，它将输入电路与内部电路(控制电路)隔离，提高输入单元的抗干扰能力；输入指示灯在外部输入电路接通时亮，表示有信号输入。图 1.3(b)、图 1.3(c) 原理与图 1.3(a) 一样，并且可以看出直流电源的极性接法是任意的。输入可以是按钮开关、行程开关及位置开关等，使用时外接 24 V 直流电源，如图 1.3 所示，也可以是光敏类接近开关和磁敏类接近开关等开关元件。

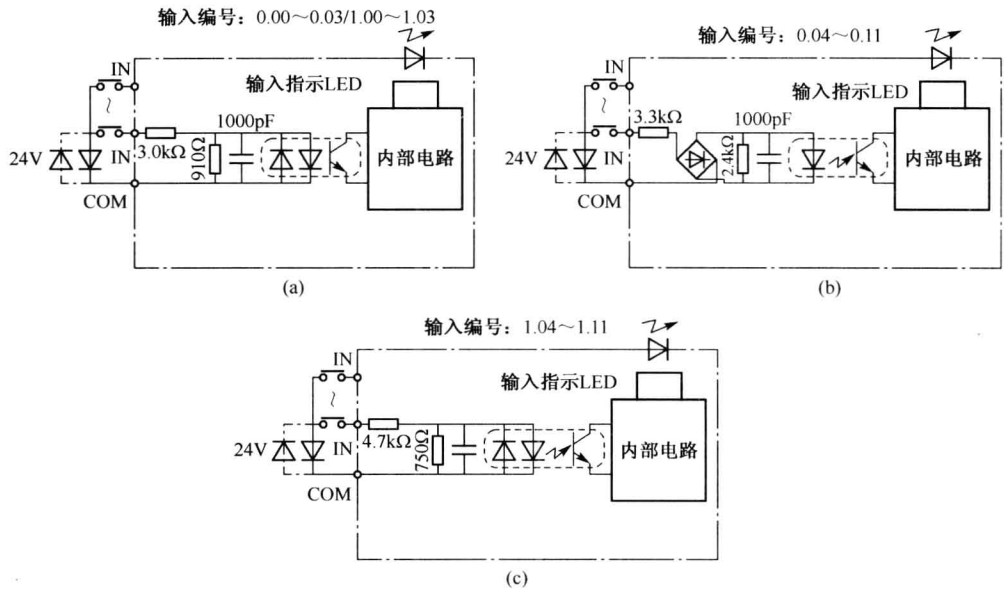


图 1.3 CP1H-XA 型数字量(开关量)输入单元电路图

表 1.1 CP1H-XA 型数字量(开关量)输入单元性能指标

项 目	规 格		
	0.04~0.11	0.00~0.03/1.00~1.03	1.04~1.11
输入电压	DC 24 V、+10%、-15%		
对象传感器	2 线式		
输入阻抗	3.3 kΩ	3.0 kΩ	4.7 kΩ
输入电流	7.5 mA TYP	8.5 mA TYP	5 mA TYP
ON 电压	最小 DC 17.0 V 以上	最小 DC 17.0 V 以上	最小 DC 14.4 V 以上
OFF 电压/电流	最大 DC 5.0 V 1 mA 以下	最大 DC 5.0 V 1 mA 以下	最大 DC 5.0 V 1 mA 以下
ON 响应时间	2.5 μs 以下	50 μs 以下	1 ms 以下
OFF 响应时间	2.5 μs 以下	50 μs 以下	1 ms 以下

(2) 数字量(开关量)输出单元

开关量输出单元有继电器输出单元、晶体管输出单元及双向晶闸管(可控硅)输出单元。

① 继电器输出单元。X/XA 型 CPU 单元的数字量(开关量)输出继电器占用 100CH 的 00~07 位 8 点, 101CH 的 00~07 位 8 点, 共计 16 点。100CH/101CH 的高位 08~15 可作为内部辅助继电器使用。图 1.4 是电路图。内部有 16 只小型 24 V 直流继电器, 其规格性能指标见表 1.2。图中点画线框内是继电器单元的输出电路, 框外右侧为现场用户接线, 图中仅画出 1 位接点的输出电路, 其他各继电器输出点的输出电路均相同。

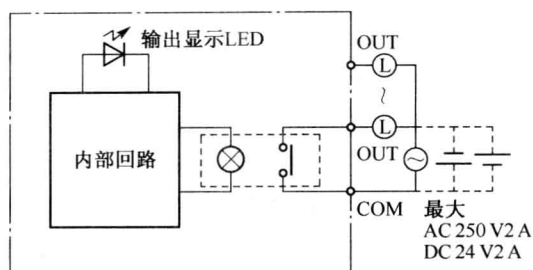


图 1.4 CP1H-XA 型数字量(开关量)输出单元电路图

表 1.2 CP1H-XA 型继电器输出单元性能指标

项 目			规 格
最大开关能力			AC 250 V/2 A ($\cos\phi = 1$) DC 24 V/2 A (4 A/公共端)
最小开关能力			DC 5V、10 mA
继电器寿命	电气	阻性负载	10 万次 (DC 24 V)
		感性负载	48000 次 (AC 240 V $\cos\phi = 0.4$)
	机械		2000 万次
ON 响应时间			15 ms 以下
OFF 响应时间			15 ms 以下

继电器输出单元的负载可以是接触器、牵引电磁铁、比例电磁铁、气动电磁阀、液压电磁阀、信号灯及警报器等。外接电源视负载类型而定, 可选用直流或交流电源。使用直流电源时, 电源极性接法任意。

② 晶体管输出单元。CP1H-XA 的晶体管输出单元电路如图 1.5 所示, 性能指标见表 1.3。

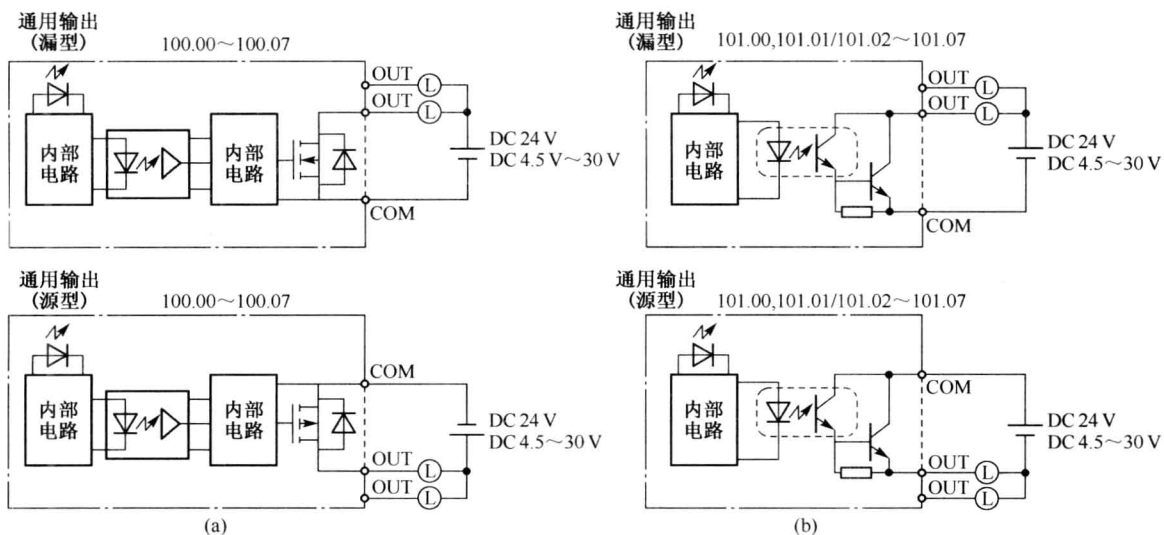


图 1.5 CP1H-XA 型晶体管输出单元电路图

表 1.3 CP1H-XA 型的晶体管输出单元性能指标

项 目	规 格		
	100.00~100.07	101.00, 101.01	101.02~101.07
最大开关能力	DC 4.5~30 V、300 mA/点、0.9 A/公共、3.6 A/单元		
最小开关能力	DC 4.5~30 V 1 mA		
漏电流	0.1 mA 以下		
残留电压	0.6 V 以下	1.5 V 以下	
ON 响应时间	0.1 ms 以下		
OFF 响应时间	0.1 ms 以下		1 ms 以下
熔断丝	有(1 个/点)		

图1.5(a)、图1.5(b)分别对应地址 100CH 的 8 个和 101CH 的 8 个输出端子的输出电路,图1.5中点画线框内是晶体管输出单元内部的输出电路,框外右侧为现场用户接线。外接电源为 24 V 直流电源。图 1.5(b)虚线框内为光电耦合器,外面的三极管为功率无触点开关元件,用于接通或断开负载电路。图中只画出一位即一个输出点的输出电路,其他各个输出点的输出电路均相同。

晶体管作为无触点开关元件,寿命长且响应时间短,如本例中晶体管输出单元 ON 响应时间为 0.1 ms 左右,OFF 响应时间为 0.1 ms 左右。最大通断范围为 DC 1~300 mA,4.5~30 V。通常晶体管输出单元采用光电耦合器作为输出级,使内部电路(控制电路)与输出电路隔离,内部电路不直接受到负载电流的影响,提高了输出单元抗干扰能力。对于晶体管输出单元,当负载为感性负载时,应采用浪涌吸收器,用于吸收浪涌电压。此外,还应有过电流和过载保护电路。

4. 电源部分

PLC 中一般配有开关式稳压电源为内部电路供电。开关电源的输入电压范围宽、体积小、质量轻、效率高、抗干扰性能好。有的 PLC 能向外部提供 24 V 的直流电源,可给输入单元所连接的外部开关或传感器供电。

5. 外设端口

每台 PLC 都有外设端口。通过外设端口,PLC 可与外部设备相连接。例如,连接编程器以输入、修改用户程序或监控程序的运行;有的 PLC 可以通过外设端口与其他 PLC、计算机或终端设备 PT 等连接进行通信,或连成各种网络等。

CP1 系列之前的 OMRON PLC 的外设端口,可直接连接手持编程器,向 PLC 写入程序。CP1 系列 PLC 取消了手持编程器配置,没有通常的外设端口,有一个外围设备 USB 端口。另外,还可以安装相应的选件板得到 RS-232C 和 RS-422A/485 两个通信端口。

6. 编程工具

编程工具是开发应用和检查维护 PLC 及监控系统运行不可缺少的外部设备。编程工具的主要作用是用来编辑程序、调试程序和监控程序的执行,还可以在线测试 PLC 的内部状态和参数,与 PLC 进行人机对话等。通常使用的编程工具可以是简易手持编程器,也可以是配有专用编程软件包的通用计算机。

(1) 简易编程器

简易编程器不能直接输入梯形图程序,只能输入语句表程序。用简易编程器编程时,编程器必须与 PLC 相连接。简易编程器的优点是价格低、体积小、质量轻、方便携带。

编程器可以不参与现场运行,所以一台编程器可以供多台 PLC 使用。

(2) 计算机辅助编程

目前各 PLC 厂家都设计了 PLC 的计算机辅助编程软件。当 PLC 与装有编程软件的计算机连接通信时,可进行计算机辅助编程(见第 4 章)。编程软件的功能很强,它可以编辑、修改用户的程序,监控系统运行,打印文件,采集和分析数据,监控系统运行状况,对工业现场和系统进行仿真,将程序储存在磁盘上,实现计算机和 PLC 之间的程序相互传送等。

CP1 系列之前的 OMRON PLC 可直接采用手持编程器编程,也可以通过计算机辅助编程。CP1 系列 PLC 取消了手持编程器编程功能,只能通过 CX-Programmer(简称 CX-P)编程软件在计算机上编程,然后下载到 PLC 中。

7. I/O 扩展端口和扩展单元

当主机上的 I/O 点数或类型不能满足用户需要时,主机可以通过 I/O 扩展端口连接基本 I/O 扩展单元来增加 I/O 点。没有 I/O 扩展端口的 PLC 不能进行 I/O 点扩展。另外,通过 I/O 扩展端口还可以连接各种高功能 I/O 扩展单元和 CPU 高功能单元,扩展 PLC 的功能。

CP1 系列 PLC 的高功能 I/O 扩展单元和 CPU 单元有: A/D 单元、D/A 单元、高速计数单元、位置控制单元、温度控制单元和各种通信单元等。

1.3 PLC 的编程语言

可编程控制器是通过程序对系统进行控制的,各种机型的 PLC 都有自己的编程语言。PLC 编程语言有多种,其中 3 种是图形化语言,包括梯形图(Ladder Diagram, LD)、功能块(Function Block, FB)、顺序功能图(Sequential Function Chart, SFC);两种是文本化语言,包括语句表(Instruction List, IL)和结构文本(Structured Text, ST)。

1. 梯形图 LD 编程语言

梯形图编程语言是一种图形语言,是若干图形符号的组合。不同厂家的 PLC 各有自己的一套梯形图符号。这种编程语言具有继电器控制电路形象、直观的优点,使熟悉继电器控制的技术人员很容易掌握。可见,各种机型的 PLC 都把梯形图作为第一编程语言。

表 1.4 列出了物理的继电器与 OMRON PLC 输出继电器的梯形图符号。

图 1.6(a)是用继电器控制的电动机直接启、停(也称启保停)控制梯形图,图 1.6(b)是用 PLC 控制的梯形图程序。由图可见,这两种梯形图形式很相似。但是,它们只是形式上的相似,实质上却存在着本质的差别,其主要区别有以下几点。

(1) 两种继电器的区别

① 继电器控制电路中使用的继电器都是物理的电器,继电器与其他控制电器间的连接必须通过硬接线来完成;PLC 的继电器不是物理的电器,它是 PLC 内部的寄存器位,常称为“软继电器”。之所以称为“软继电器”,是因为它具有与物理继电器相似的功能。例如,当它的“线圈”通电时,其所属的常开触点闭合、常闭触点断开,当它的“线圈”断电时,其所属的常开触点和常闭触点均恢复常态。PLC 梯形图中的接线称为“软接线”,这种“软接线”是通过程序来实现的。

② PLC 的每一个继电器都对应着内部的一个寄存器位,由于可以无限次地读取某位寄存器的内容,所以,可以认为 PLC 的继电器有无数个常开、常闭触点可供用户使用。而物理继电器的触点个数是有限的。

表 1.4 两种继电器符号对照

类型		物理继电器	PLC 继电器
部件名称			
线圈			
触点	常开		
	常闭		

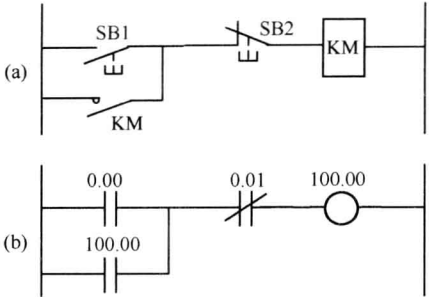


图 1.6 两种控制方式的梯形图

③ PLC 的输入继电器是由外部信号所驱动的，在梯形图中只能使用输入继电器的触点，而不出
现它的线圈。而物理继电器触点的状态取决于其线圈中有无电流通过，在继电器控制电路中，若不接
继电器线圈，只接其触点，则触点永远不会动作。

(2) 两种梯形图的区别

PLC 梯形图左右的两根线也叫母线，但与继电器控制电路的两根母线不同。继电器控制电路的
母线与电源连接，其每一行(也称梯级)在满足一定条件时将通过两条母线形成电流通路，从而使电器
动作；而 PLC 梯形图的母线并不接电源，它只表示每一个梯级的起始和终了，PLC 的每一个梯级中
并没有实际的电流通过。通常说 PLC 的线圈接通了，这只不过是为了分析问题方便而假设的概念电
流通路，而且概念电流只能从左向右流，这是 PLC 梯形图与继电器控制电路本质的区别。

(3) 实现控制功能手段的区别

继电器控制是靠改变电器间的硬接线来实现各种控制功
能的，而 PLC 是通过程序来实现控制的。

图 1.7 是对应图 1.6 (b) 的 PLC 外部接线。图中只画出了一
部分输入和输出端子。0.00、0.01 等是输入端子，100.00、100.01
等是输出端子，输入和输出端子各有自己的公共端 COM。

当启动按钮 SB1 闭合时，0.00 输入端子对应的输入继电器
线圈通电，它的触点相应动作；当停止按钮 SB2 闭合时，0.01
输入端子对应的输入继电器线圈通电，它的触点相应动作。
当 100.00 输出端子对应的输出继电器线圈通电时，外部负载
KM 的线圈通电。根据上述关系，分析图 1.6 (b) 启、停电动机
的过程是：

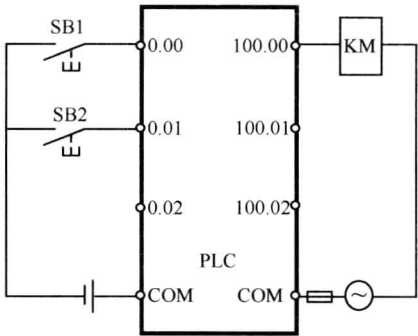


图 1.7 PLC 的外部接线

按下启动按钮 SB1，0.00 输入端子对应的输入继电器线圈通电，其常开触点 0.00 闭合。由于没
有按动 SB2，所以常闭触点 0.01 处于闭合状态。因此输出继电器 100.00 线圈通电，使 KM 通电。KM
的主触点接在电动机的主电路中，于是电动机启动。释放启动按钮 SB1 后，由于 100.00 线圈通电，
其常开触点 100.00 闭合起自锁作用。

在电动机运行过程中按下 SB2，0.01 输入端子对应的输入继电器线圈通电，其常闭触点 0.01 断
开，输出继电器 100.00 线圈断电，使 KM 断电，于是电动机停转。

2. 语句表 IL 编程语言

语句表编程语言类似计算机的汇编语言，用助记符来表示各种指令的功能。对同样功能的指令，
不同厂家的 PLC 使用的助记符一般不同。

对图 1.6 (b) 的梯形图，其语句表为

LD	0.00	(常开触点 0.00 与左母线连接)
OR	100.00	(常开触点 100.00 与常开触点 0.00 相并联)
AND NOT	0.01	(串联一个常闭触点 0.01)
OUT	100.00	(输出到继电器 100.00)

指令语句是 PLC 用户程序的基础元素, 多条语句的组合构成了语句表。一个复杂的控制功能是用较长的语句表来描述的。

语句表编程语言不如梯形图形象、直观, 但是在使用简易编程器输入用户程序时, 只能输入语句表程序。

3. 功能块 FB 编程语言

OMRON 推出的 CS1、CJ1 和 CP1 系列 PLC 和 CX-P(5.0 及其以上的版本)可直接支持用户定义的标准功能块编程。功能块是由完成特定功能的程序段组成的。功能块是一个包含标准处理功能的基本单元, 该标准处理功能事先已定义好。用户可以将已定义好的功能块嵌入到梯形图程序中调用, 同时设置执行功能块的输入/输出条件。功能块不包含实际地址, 只有变量。用户可以在变量中设置地址或常数。

功能块编程的内容为: 创建功能块和调用功能块。而创建一个功能块需要进行变量定义和算法设计。一旦在功能块中创建了标准编程并将其保存为文件, 便可将功能块嵌入程序中并设置功能块 I/O 参数, 进行反复使用, 以达到简化程序的目的。

4. 结构文本 ST

随着 PLC 技术的发展, PLC 的高级功能越来越多, 有时用梯形图来实现编程, 会很不方便。为了方便用户使用 PLC 的数学运算、数据处理、图形显示、打印报表等功能, 许多大中型或先进的 PLC 都配备了结构文本编程语言。

ST 语言是符合工业控制编程语言标准 IEC61131-3 的高级编程语言, 用结构化的语句编写程序。在大、中型 PLC 控制系统中, 常采用这种编程方式来表达控制系统中各变量的关系。

ST 语言类似于 Pascal 语言, 但在表达式和语句的种类方面都做了简化。一个 ST 程序由多条语句组成, 而一个语句是由变量和表达式组成。通过编写不同的语句建立不同的控制关系。表达式包含着运算符和操作数(变量或常数)。运算符包括算术运算、逻辑运算和比较运算等算法。语句可以分为赋值语句和控制语句。赋值语句将表达式计算的结果保存于变量中。控制语句包含选择语句、循环语句、条件语句等。

用户除了可以创建梯形图编程的 FB 之外, 熟悉高级编程的技术人员还可以创建 ST 语言的 FB。CX-P 为熟悉不同编程语言的用户提供了不同的编程平台。懂得高级语言的用户编写好复杂的 ST 语言功能块后, 其他用户甚至不熟悉 ST 语言的操作人员也可以使用该功能块, 这就大大降低了对操作人员所使用编程语言的限制。另外, 使用高级语言编程, 可以轻松完成复杂的数学运算。若用梯形图语言编辑复杂的算术运算功能, 需要编写很多条程序, 占用更多的程序容量; 而用 ST 语言来写, 表达式就可以代替梯形图中的复杂程序, 要方便得多。

5. 顺序功能图 SFC

顺序功能图是一种图形化的功能性说明语言, 专用于描述工业顺序控制程序, 使用它可以对具有并发、选择等复杂结构的系统进行编程。OMRON 的 CS1、CJ1 和 CP1(除 CP1E 外)等系列 PLC 支持 SFC 编程。

顺序功能图程序设计语言有如下特点: