



北京市高等教育精品教材立项项目

可编程序控制系统 设计与实践

(配光盘)

霍 罡 李志娟 编著



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



北京市高等教育精品教材立项项目

KE BIAN CHENGXU KONGZHI XITONG SHEJI YU SHIJIAN

可编程序控制系统 设计与实践 (配光盘)

霍 罡 李志娟 编著



高等教育出版社·北京

HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书以欧姆龙公司 CP1H 型可编程序控制器(PLC)为对象,详细介绍了 CP1H 的硬件结构、扩展方式,指令系统、程序结构、编程软件 CX-Programmer 的使用方法,PLC 应用系统设计方法及过程控制典型案例,内容涵盖了逻辑控制、顺序控制、过程控制、运动控制及串行通信等新技术的应用。

本书包含了 CP1H 的编程手册和操作手册的主要内容,配套的光盘附有用户手册、教学课件、录像及例程。

本书可作为大专院校自动化相关专业教材和“可编程序控制系统设计师”职业培训教材,也可供工程技术人员自学使用,对欧姆龙 CP1 系列 PLC 的用户也有很大的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制系统设计与实践/霍昱,李志娟编著. —北京:高等教育出版社,2011.4

ISBN 978-7-04-031512-7

I. ①可… II. ①霍…②李… III. ①可编程序控制器—系统设计—高等学校—教材 IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 006817 号

策划编辑 王耀锋
责任校对 俞声佳

责任编辑 王耀锋
责任印制 张泽业

封面设计 赵 阳

版式设计 马敬茹

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 北京机工印刷厂
开 本 787×1092 1/16
印 张 26
字 数 590 000
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2011 年 4 月第 1 版
印 次 2011 年 4 月第 1 次印刷
定 价 48.30 元(含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 31512-00

前 言

可编程序控制器(PLC)是综合了计算机技术、自动化控制技术和通信技术的一种新型的、通用的自动控制装置。它具有功能强、可靠性高、操作灵活、编程简便以及适合于工业环境等一系列优点,在工业自动化、过程控制、机电一体化、传统产业技术改造等方面的应用越来越广泛,已成为现代工业控制的三大支柱之一。

近年来,随着 PLC 应用领域的日趋扩大和市场需求的旺盛,欧姆龙公司推出了最新小型机 CP1 系列 PLC。该系统的特点是结构紧凑,集成了开关量控制、模拟量控制、高速计数与脉冲输出等功能于一身,指令丰富,引用功能块的编程方式使编程更加简便,是一种性价比高、功能完备、极具竞争优势的通用控制器。为了将该系统的技术亮点及时呈献给广大专业读者,本着深入浅出、易学易用的原则,编者以欧姆龙 CP1 系列 PLC 为参照机型,引用了经典范例,结合系统知识编著了本书。

在编著过程中,编者力求做到将理论要点贯穿于实例中,实现理论与实践的紧密结合。所选案例从简至繁,循序渐进,逐层深入。其中的综合实例对工程实践具有较好的参考价值,本书对“可编程序控制系统设计师”的职业培训具有很好的针对性和实用性。

全书共分 8 章。第 1 章主要介绍 PLC 的基本概念及工作原理。第 2 章介绍 CP1H 的硬件系统。第 3 章介绍 CP1H 的指令系统。第 4 章介绍了编辑软件 CX-Programmer 的使用方法。第 5 章介绍 PLC 应用程序的设计与调试方法。第 6 章介绍 PLC 应用系统的设计与维护方法。第 7~8 章分别介绍过程控制与串行通信的典型实例。

本书由霍昱、李志娟主编。李志娟负责教学课件的制作并参编第 1、2、4、6 章,霍昱负责全书统稿、定稿和校稿。本书在编写过程中,得到了欧姆龙自动化(中国)有限公司的大力支持,特别感谢欧姆龙自动化(中国)有限公司张月兰经理给予的帮助。同时,书中参考和引用了参考文献中有关编者的部分资料,在此一并衷心感谢!

书中所需操作手册、编程手册等技术资料可以登录欧姆龙工业自动化网站 <http://www.fa.omron.com.cn> 获取。

由于编者水平有限,书中错漏之处难免,恳请广大读者批评指正。

霍 昱

2010 年 8 月

E-mail: cobnhuo@126.com

目 录

第1章 可编程序控制器概述	1	2.4 CP1H PLC 模拟量输入/输出 单元	41
1.1 可编程序控制器基本概念	1	2.4.1 CP1H 模拟量输入单元功能	41
1.1.1 可编程序控制器定义	1	2.4.2 CP1H 模拟量输入单元工作原理	43
1.1.2 可编程序控制器发展历程与 应用领域	2	2.4.3 CP1H 模拟量输出单元功能	44
1.2 可编程序控制器特点与发展 趋势	4	2.4.4 CP1H 模拟量输出单元工作原理	45
1.2.1 可编程序控制器特点	4	2.5 CP1H PLC 存储区分配	48
1.2.2 可编程序控制器发展趋势	7	2.5.1 CP1H 存储器概述	48
1.3 可编程序控制器基本结构与 类型	7	2.5.2 数据结构	51
1.3.1 可编程序控制器基本结构	7	2.5.3 CIO 区	51
1.3.2 可编程序控制器类型	10	2.5.4 内部辅助继电器区	56
1.4 可编程序控制器基本工作原理	11	2.5.5 保持继电器区(H区)	56
1.4.1 可编程序控制器工作原理	11	2.5.6 特殊辅助继电器区(A区)	56
1.4.2 可编程序控制器工作方式	14	2.5.7 暂时存储继电器区(TR区)	57
1.4.3 扫描周期与响应时间	16	2.5.8 定时器区(T区)	57
思考题	19	2.5.9 计数器区(C区)	58
第2章 CP1H PLC 硬件系统	20	2.5.10 数据存储区(DM区)	59
2.1 CP1H PLC 基本结构与特点	20	2.5.11 变址寄存器(IR)	60
2.1.1 CP1 系列 PLC 基本结构	20	2.5.12 数据寄存器(DR)	60
2.1.2 CP1H PLC 特点	21	2.5.13 任务标志(TK)	61
2.2 CP1H PLC 的 CPU 单元	22	2.5.14 状态标志	61
2.2.1 CPU 单元类型	22	2.5.15 时钟脉冲	62
2.2.2 CPU 单元结构	22	2.6 CP1H PLC I/O 扩展单元	63
2.3 CP1H PLC 开关量输入/输出 单元	31	2.6.1 CPM1A 系列扩展单元	63
2.3.1 CP1H PLC 输入单元	31	2.6.2 CJ 系列扩展单元	66
2.3.2 CP1H PLC 输出单元	35	思考题	68
		第3章 CP1 系列 PLC 指令系统	70
		3.1 PLC 编程语言及规则	70
		3.2 基本逻辑控制指令	73

3.2.1 顺序输入/输出指令	73	3.9 数据运算类指令	142
3.2.2 顺序输入/输出指令应用范例—— 抢答器	88	3.9.1 BCD 码递增指令 + + B/双字 BCD 码递增指令 + + BL	142
3.3 定时计数类指令	92	3.9.2 BCD 码递减指令 - - B/双字 BCD 码递减指令 - - BL	142
3.3.1 定时器指令	92	3.9.3 置进位指令 STC/清进位 指令 CLC	143
3.3.2 计数器指令	94	3.9.4 无 CY BCD 码加法指令 + B/ 带 CY BCD 码加法指令 + BC	144
3.3.3 定时器/计数器指令应用范例	97	3.9.5 无 CY BCD 码减法指令 - B/ 带 CY BCD 码减法指令 - BC	146
3.4 顺序控制指令	103	3.9.6 带符号无 CY BIN 加法指令 + / 带符号 CY BIN 加法指令 + C	146
3.5 数据传送类指令	107	3.9.7 带符号无 CY BIN 减法指令 - / 带符号 CY BIN 减法指令 - C	147
3.5.1 传送指令 MOV/求反传送 指令 MVN	107	3.10 逻辑运算类指令	149
3.5.2 块传送指令 XFER	108	3.10.1 位取反指令 COM/双字位取反 指令 COML	149
3.5.3 块设置指令 BSET	109	3.10.2 字逻辑与指令 ANDW/双字逻辑 与指令 ANDL	150
3.5.4 数(4bits)传送指令 MOVD	110	3.10.3 字逻辑或指令 ORW/双字逻辑或 指令 ORWL	151
3.6 数据比较类指令	112	3.10.4 字异或指令 XORW/双字异或 指令 XORL	151
3.6.1 无符号比较指令 CMP	112	3.10.5 字异或非指令 XNRW/双字异或 非指令 XNRL	152
3.6.2 符号比较类指令	113	3.11 高速计数/脉冲输出指令	155
3.6.3 区域比较指令 ZCP	115	3.11.1 频率设定指令 SPED	155
3.7 数据移位类指令	118	3.11.2 脉冲量设置指令 PULS	156
3.7.1 移位寄存器 SFT	118	3.11.3 动作模式控制指令 INI	158
3.7.2 可逆移位寄存器 SFTR	118	3.11.4 读取脉冲数指令 PRV	159
3.7.3 算术左移指令 ASL/双字算术 左移指令 ASLL	121	思考题	162
3.7.4 循环左移指令 ROL/双字循环 左移指令 ROLL	122	第4章 梯形图编辑软件使用方法	165
3.7.5 数(4bits)左移指令 SLD/数(4bits) 右移指令 SRD	123	4.1 CX - Programmer 基本操作	165
3.7.6 字移位指令 WSFT	123	4.1.1 CX - Programmer 软件安装	165
3.7.7 移位类指令应用范例	124	4.1.2 CX - Programmer 软件离线编程	
3.8 数据转换类指令	132		
3.8.1 BCD→BIN 转换指令 BIN	133		
3.8.2 BIN→BCD 转换指令 BCD	133		
3.8.3 7 段译码指令 SDEC	134		
3.8.4 ASCII 转换指令 ASC	136		
3.8.5 ASCII→HEX 转换指令 HEX	138		

方法	167	内容	265
4.1.3 CX - Programmer 软件在线操作		6.1.2 PLC 应用系统设计的主要步骤	266
方法	190	6.2 可编程序控制器应用系统控制	
4.2 功能块的基本操作	199	方案设计	269
4.2.1 功能块概述	199	6.2.1 项目分析	269
4.2.2 创建新功能块的定义	200	6.2.2 控制方案制定	271
4.2.3 功能块的调用	210	6.3 可编程序控制器应用系统硬件	
4.2.4 功能块在线监视	216	设计	275
思考题	219	6.3.1 PLC 机型的选取原则与方法	275
第 5 章 可编程序控制器应用程序设计		6.3.2 开关量输入/输出单元的选取原则	
与调试方法	220	与方法	277
5.1 PLC 应用程序设计概述	220	6.3.3 模拟量输入/输出单元的选取原则	
5.1.1 PLC 应用程序设计内容	220	与方法	278
5.1.2 PLC 应用程序设计步骤	221	6.3.4 电源单元的选取原则与方法	279
5.2 可编程序控制器应用程序		6.4 CP1 系列 PLC 安装布线规范	281
设计方法	222	6.4.1 PLC 系统安装条件	281
5.2.1 继电器 - 接触器电路图/梯形图		6.4.2 CP1 系列 PLC 安装布线规范	282
转换设计法	222	6.5 可编程序控制系统运行管理	294
5.2.2 组合逻辑设计法	226	6.5.1 PLC 日常维护	294
5.2.3 经验设计法	229	6.5.2 定期检查控制系统的硬件设备	298
5.2.4 顺控图设计法	232	6.5.3 PLC 系统的自诊断功能	298
5.2.5 步进顺控设计法	237	6.5.4 故障诊断与处理方法	301
5.2.6 时序图设计法	245	第 7 章 PLC 过程控制应用系统设计	
5.3 可编程序控制器应用程序调试		实例	306
方法	249	7.1 冲压车间空调机组系统设计	306
5.3.1 信号校验方法	249	7.1.1 冲压车间空调机组项目分析	306
5.3.2 信号校验实例	250	7.1.2 冲压车间空调机组控制方案	
5.3.3 PLC 应用程序的现场调试方法	254	设计	308
5.3.4 编程软件调试程序法	256	7.2 PLC 系统配置与地址分配	312
思考题	261	7.2.1 PLC 系统硬件配置	312
第 6 章 可编程序控制器应用系统		7.2.2 PT 使用流程与画面功能设定	313
设计	265	7.2.3 I/O 与内存地址分配	318
6.1 可编程序控制器应用系统设计		7.3 冲压车间空调机组控制程序	
概述	265	设计	319
6.1.1 PLC 应用系统设计的原则与		7.3.1 模拟量信号的软件设置	320

7.3.2 工程量显示	321	8.2 串行 PLC 链接通信实例	365
7.3.3 工程量设定	325	8.2.1 线路连接	365
7.3.4 量程标准化处理	328	8.2.2 通信规格及方式	366
7.3.5 PID 指令工作原理及控制算法	328	8.2.3 PLC 链接主/从站设定方法	368
7.3.6 PID 回路调节程序设计	334	8.2.4 PC Link 链接控制实例	369
7.3.7 报警程序设计	338	8.3 协议宏串行通信实例	371
7.4 CPM1A 模拟量输入/输出扩展		8.3.1 控制要求与系统配置	372
单元应用	340	8.3.2 串行通信单元参数设置方法	375
7.4.1 模拟量输入单元 CPM1A -		8.3.3 变频器串行通信设置	379
AD041	341	8.3.4 协议宏的创建	383
7.4.2 模拟量输出单元 CPM1A -		8.3.5 串行通信控制程序设计	392
DA041	345	附录 实验指导书	398
第 8 章 PLC 串行通信实例	349	实验 1 梯形图编辑软件使用实验	398
8.1 数据通信基础知识	349	实验 2 基本逻辑指令编程实验	399
8.1.1 数据通信基本概念	349	实验 3 定时器、计数器指令编程	
8.1.2 数据传输方式	351	实验	400
8.1.3 线路通信方式	355	实验 4 微分指令编程实验	401
8.1.4 差错控制	355	实验 5 移位指令编程实验	403
8.1.5 传输介质	357	实验 6 高级指令综合编程实验	404
8.1.6 串行通信接口标准	357	参考文献	407
8.1.7 欧姆龙 PLC 串行通信协议综述	362		

第1章 可编程序控制器概述

[本章导读]

本章主要介绍可编程序控制器的相关概念、特点与工作原理等。学习本章前，应温习继电器、接触器及单片机的相关知识等，这将有助于加深对可编程序控制器循环串行扫描的工作方式与中断概念的理解。

[本章要点]

- 可编程序控制器定义与应用领域
- 可编程序控制器基本结构与主要厂家及其代表产品
- 可编程序控制器特点与工作原理
- 扫描周期与 I/O 响应时间的概念
- 中断信号的种类

1.1 可编程序控制器基本概念

1.1.1 可编程序控制器定义

可编程序控制器 (Programmable Controller, 本书简称 PLC) 是将计算机技术与继电器逻辑控制概念相结合、以微处理器为基础, 综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术而发展起来的一种通用的工业自动控制装置。它广泛应用于机械、冶金、化工、交通、电力等领域, PLC 已经成为现代工业自动化的三大支柱之一。

国际电工委员会 (International Electrical Committee, IEC) 在 1993 年颁布的《可编程序控制器标准 IEC 61131》第三版中对 PLC 作出如下定义: “可编程序控制器是一类专门为在工业环境下应用而设计的数字式电子系统。它采用了可编程的存储器, 用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等功能的面向用户的指令, 并通过数字式或模拟式的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其相关外部设备, 都应按照易于使工业控制系统联成一个整体、易于扩展其功能的原则而设计。”

1.1.2 可编程序控制器发展历程与应用领域

1. PLC 发展历程

从20世纪20年代起,继电器接触器控制系统在工业控制领域中一度占据主导地位,该系统是由导线将各种继电器、定时器、接触器及其触点按一定的逻辑关系连接来控制各种机械或过程。但是该控制系统具有体积大、动作慢、功能单一、寿命短、耗电高及可靠性低等明显缺点,尤其是它采用硬布线逻辑导致通用性与适应性差,不利于生产线的升级改造。

1968年,美国通用汽车公司为了降低因汽车改型、更新流水线控制系统而增加的生产成本,提出了开发新型的逻辑顺序控制装置以取代继电器系统的设想,发布了10点招标技术指标,其主要内容如下:

- ① 编程简单,可以在现场修改程序。
- ② 系统维护简便,最好是有状态指示灯和插件式模块。
- ③ 可靠性高于继电器控制柜。
- ④ 装置体积小于继电器控制柜,能耗较低。
- ⑤ 可将数据直接上传到中央数据采集与处理系统,便于监视系统运行状态。
- ⑥ 在成本上可与继电器控制系统相竞争,即有较高的性能价格比。
- ⑦ 输入开关量可以是交流115 V电压信号(美国电网电压110 V)。
- ⑧ 输出的驱动信号为交流115 V、2 A以上容量,能直接驱动电磁阀线圈。
- ⑨ 具有灵活的扩展能力。在扩展时,只需在原系统上做很小变更即可达到最大配置。
- ⑩ 用户程序存储器容量至少在4 KB以上(适应当时汽车装配过程的要求)。

以上10项指标的核心可以归纳为:①以计算机代替继电器控制系统;②采用编程方式取代继电器的硬布线方式;③输入/输出(Input/Output,以下简称I/O)电平可与外部装置直接连接;④结构易于扩展。

1969年,美国数字设备公司(Digital Equipment Corporation,DEC)研制出世界上第一台可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller)PDP-14,在通用汽车装配线上试用获得了巨大成功。其后,美国MODICON公司推出了同名的084控制器。1971年,日本从美国引进了这项新技术,研制出了其第一台PLC——DSC-8。1973年,西欧国家的第一台PLC也研制成功。我国从1974年开始仿制美国的第二代PLC,1977年研制出第一台具有实用价值的PLC。

纵观PLC控制功能的拓展历程大致经历了以下4个阶段。

(1) 崛起阶段——从第一台PLC诞生到20世纪70年代中期

首先在汽车行业获得大量应用,继而在其他产业部门也开始应用。由于大规模集成电路的出现,采用8位微处理器芯片作为中央处理器(CPU),推动了PLC技术的飞跃。该阶段PLC主要用于逻辑运算、定时与计数运算,控制功能比较简单。

(2) 成熟阶段——从20世纪70年代中期到70年代末期

由于超大规模集成电路的出现,16位微处理器和51单片机相继问世,使PLC向大规模、

高速度、高性能方向发展。这一阶段 PLC 的功能扩展到数据传送、比较和运算，以及模拟量运算等。

(3) 通信阶段——从 20 世纪 70 年代末期到 80 年代中期

由于计算机通信技术的发展，PLC 也初步形成了分布式的通信网络体系，但是由于制造厂商各自为政，通信系统自成系统，造成了不同厂家产品的互联较为困难。在该阶段，由于社会生产对 PLC 的需求大幅增加，其数学运算功能得到了较大的扩充，可靠性也进一步提高。

(4) 开放阶段——从 20 世纪 80 年代中期至今

进入 21 世纪，开放系统的提出使 PLC 得到了较大发展，主要表现为通信系统的开放，使各制造厂商的 PLC 实现相互通信，通信协议的标准化使用户得到实惠。该阶段 PLC 的规模增大，功能不断完善，大中型 PLC 多配触摸屏显示装置，产品的扩展也因通信功能的改善而更加简便，此外还采用了标准的软件系统，增加了高级编程语言等。随着控制对象的日益多样化、复杂化，采用单一 PLC 已不能满足控制要求，将逐步被控制功能多样化的高性能模块构建的 PLC 系统所取代。

2. PLC 应用领域

现代 PLC 系统集成计算机技术、自动控制技术和网络通信技术于一身，在工业自动化中起着举足轻重的作用，在国内外已广泛应用于机械、冶金、石油、化工、轻工、纺织、电力、电子、食品、交通等行业。统计数据显示，80% 以上的工业控制可以使用 PLC 来完成。随着其性能价格比的不断提高，应用领域已扩展到以下几个方面：

(1) 数字量逻辑控制

PLC 用“与”、“或”、“非”等逻辑指令来实现触点和电路的串、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等。

(2) 运动控制

PLC 使用专用的运动控制模块，对直线运动或圆周运动的位置、速度和加速度进行控制，可以实现单轴、双轴和多轴位置控制，使运动控制与顺序控制功能有机地结合在一起。PLC 的运动控制功能广泛应用于各种机械，如传送带移栽机、机器人和电梯等。

(3) 闭环过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的闭环控制。PLC 通过模拟量 I/O 模块，实现模/数(A/D)或数/模(D/A)转换，并对模拟量实行比例-积分-微分(Proportional-Integral-Derivative, 简称 PID)控制。现代的大中型 PLC 一般都具有 PID 闭环控制功能，可由 PID 指令或专用 PID 模块来实现。

(4) 数据处理

现代 PLC 具有数学运算(包括四则运算、函数运算、逻辑运算、矩阵运算及浮点数运算等)、数据传送、数制转换、数据比较、文件处理等功能，可以完成数据的采集、分析和处理。

(5) 通信联网

PLC 的通信包括主机与远程 I/O 之间的通信、多台 PLC 之间的通信、PLC 与其他智能控

制设备(如计算机、变频器、仪表)之间的通信。PLC 与其他智能控制设备一起,可以组成分布式控制系统,从而突显了小型集散控制系统(Distributed Control System,简称 DCS)的雏形。

由于 PLC 应用向智能化和网络化发展,且逐渐成为主流趋势,因此对此类应用人员的需求便尤为突出。因此,2006 年 9 月国家劳动和社会保障部公布的第七批新职业中,可编程序控制系统设计师被列为首位。

1.2 可编程序控制器特点与发展趋势

1.2.1 可编程序控制器特点

PLC 之所以越来越受到自动控制界人士的重视,是因为它具有令通用计算机望尘莫及的特点。

1. 应用简便、灵活

(1) 应用灵活,安装与接线简便

标准的积木式硬件结构与模块化的软件设计,使 PLC 不仅适应大小不同、功能繁复的控制要求,而且适应工艺流程变化较多的场合。它的安装和现场接线简便,可按积木方式扩充和删减其系统规模,组合成灵活的控制系统。PLC 对现场环境要求不高,无论是接线、配置都极其方便,只用螺钉旋具即可进行全部接线工作,无须自行设计和制造专用接口电路。

(2) 编程简化

PLC 采用电气操作人员习惯的梯形图形式编程,直观易懂。因此,不仅程序开发速度快,而且程序的可读性强,软件维护方便。

(3) 操作方便,维修容易

操作员经短期培训即可以操控系统。由于 PLC 具有完善的监视和诊断功能,对其内部工作状态、通信状态、I/O 点状态和异常状态等均有明显提示,有助于维修人员及时、准确地判断故障点,迅速替换故障模块或插件。

2. 可靠性高、抗干扰能力强

(1) PLC 可靠性高

PLC 的可靠性高,主要是因为它在硬件及软件两方面都采取了严格的措施。

在硬件设计方面,首先是选用优质器件,再者是采用合理的系统结构,简化安装,使它易于抗振动冲击。PLC 对印刷电路板的设计、加工及焊接都采取了极为严格的工艺措施,而且在电路、结构及工艺上采取了一些独特的方式。例如,在 I/O 电路中采用了光电隔离措施,做到电浮空;各个 I/O 端口除采用常规模拟器滤波以外,还加上数字滤波;内部采用了电磁屏蔽措施,防止辐射干扰;采用了较先进的电源电路,以防止由电源回路串入的干扰信号;采用了较合理的电路形式,支持模块在线插拔,调试时不会影响 PLC 的正常

运行。

在软件设计方面也采取了相应的保护措施,诸如设置警戒时钟防止程序出现死循环;每次扫描都对程序进行检查和校验,一旦程序出错立即发出报警信号并停止运行;对程序及动态数据进行掉电保护;随时对 CPU 等内部电路进行检测,一旦出错,立即报警等。此外,软件系统中还设计了针对用户程序的查错报错程序,错误的程序和参数不能运行。上述有效措施确保了 PLC 的高可靠性。

(2) 抗干扰能力强

PLC 是按直接应用于工业环境而设计的,产品可以在相当宽的环境温度($0 \sim 55^{\circ}\text{C}$ 或 $0 \sim 60^{\circ}\text{C}$)、湿度(相对湿度 $< 90\%$),以及规定的机械振动、冲击下,在额定的电源电压与频率变化、电源瞬时中断、电源电压降低等因素作用下,均能正常工作。因此,PLC 可直接安装在工业现场,而不必采取另外的特殊措施。

3. 功能强,功耗低,易于实现机电一体化

PLC 的基本功能包括逻辑运算、定时、计数、数制换算、数值计算、步进控制等。其扩展功能还有 A/D、D/A 转换、PID 闭环回路控制、高速计数、通信联网、中断控制及特殊功能函数运算等,并可以通过上位计算机进行显示、报警、记录和人机对话,这些功能大幅提高了 PLC 系统的控制水平。

由于 PLC 采用半导体集成电路,因此体积小、重量轻、功耗低,使之易于装入机械设备内部实现机电一体化。

4. 成熟的工控网络体系,通信便捷

PLC 网络通信技术随着计算机网络的成熟得到了飞速发展,国际各知名 PLC 厂家都开发了包括具有网络通信功能的新型 PLC、网络通信协议和新型工控网络。以欧姆龙公司的 PLC 网络为例,如图 1-1 所示,它是由 DeviceNet 网络、Controller Link 网络和 Ethernet 网络所组成的一个典型三层网络的拓扑结构。

(1) 设备层网络

设备层网络是针对自动化系统底层设备的操作和管理网络。它负责对底层设备的控制、信息采集和传送。目前,设备层网络主要有 Profibus 现场总线、CAN 总线和 DeviceNet 网络等。在图 1-1 中的 DeviceNet 网络是一种串行通信网络,它是 20 世纪 90 年代中期才发展起来的一种基于 CAN(控制区域网)技术的开放型、符合全球工业标准的、低成本、高性能的通信网络,DeviceNet 网络用于现场设备(拖动装置、开关、I/O 和人机界面等)与 PLC 之间的通信网络。它采用生产者/客户(Producer/Consumer)通信模式,支持多种网络拓扑结构,允许在线组态和带电插拔。

DeviceNet 网络作为设备层网络,它可以通过控制器层网络 Controller Link 和信息层网络 Ethernet 与 Internet 网络互连,构成微软公司的基于 Internet 的分布式制造网络体系结构,实现异地监控和诊断功能。

(2) 控制层网络

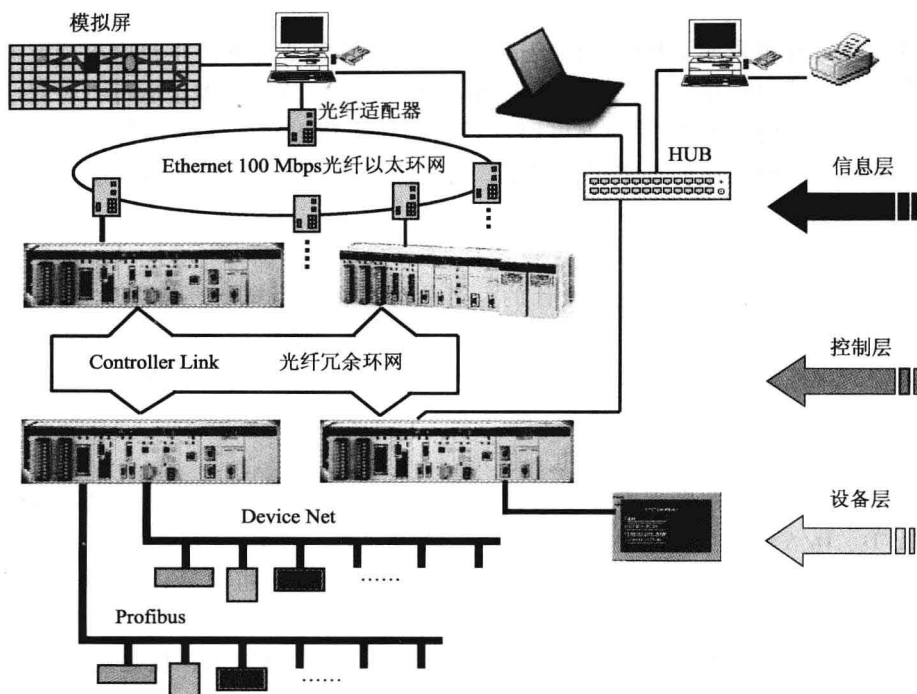


图 1-1 三层工控网络拓扑结构图

控制层网络主要负责对处在中间层的各个控制器进行数据的传送与控制。具有代表性的控制层网络主要有日本欧姆龙公司开发的 Controller Link 网络和美国 ROCKWELL 公司开发的 ControlNet 网络等。

Controller Link 网络采用令牌环的通信方式，所以它的数据传输速度非常快，可以达到 2 Mbps；当通信电缆采用双绞线时，最大传输距离为 1 km；而采用光纤电缆时，最大传输距离为 30 km（带中继器）。另外，Controller Link 网络具有灵活的网络连接功能，既可以配置成单级系统，又可以配置成多级系统。

(3) 信息层网络

信息层网络主要用于对多层网络的信息进行操作与处理。该层网络主要关注报文传输的高速性以及高容量的数据是否能共享。

目前，信息层网络一般都使用 Ethernet（以太网）技术，这是一个开放的、全球公认的用于信息层互连的标准。Ethernet 是 FA（工厂自动化）领域用于信息层上的网络，它的通信速率高，可达 100 Mbps，Ethernet 单元使 PLC 可以作为工厂局域网的一个节点，在网络上的任何一台计算机都可以实现对它的控制。Ethernet 网络支持 FINS 协议，使用 FINS 命令可以进行 FINS 通信、TCP/IP 和 UDP/IP 的 Socket（接驳）服务和 FTP 服务。

1.2.2 可编程序控制器发展趋势

PLC 未来将向以下两个方向发展。

(1) 大型化方向

PLC 的 CPU 从早期的 1 位, 向 8 位、16 位, 甚至 32 位、64 位发展, 晶振频率已可达到 100 MHz 到几百兆赫, 而从单 CPU 向多 CPU 的并行处理发展, 提高了处理能力、响应速度和模块化程度。PLC 的存储器的容量也成倍增加, 从几千字节发展到几万字节, 直到几兆字节、几十兆字节等。硬件性能的提高为 PLC 向大型化方向发展提供了硬件保障。

软件功能的日益丰富与完善是 PLC 向大型化方向发展的重要标志。IEC 在规划 PLC 的编程语言时, 认为主要的程序组织语言是顺序功能图。功能图的每个动作和转换条件可以运用梯形图编程, 这种方法使用方便、容易掌握, 深受电工和电气技术人员的欢迎, 也是 PLC 得以迅速推广的重要因素之一。但是, 它在处理较复杂的运算、通信和打印报表等功能时显得效率低、灵活性差, 尤其用于通信时显得笨拙, 因此在原梯形图编程语言基础上加入了高级语言, 如 C 语言等。

目前, PLC 与监控数据采集系统 (Supervisory Control And Data Acquisition, 简称 SCADA)、DCS 系统相互渗透, 使其在以仪表控制为主导的过程控制领域占有一席之地。同时, PLC 也在向计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System, 简称 CIMS)、计算机集成生产系统 (Computer Integrated Producing System, 简称 CIPS)、机器人和柔性控制系统 (Flexible Manufacture System, 简称 FMS) 方向发展, 使其成为制造业不可或缺的控制手段。

(2) 小型化方向

为满足不同的控制需求, 各厂家推出了小型、高性能的整体式 PLC 产品, 在提高系统可靠性的基础上, 产品体积越来越小, 功能却越来越强。欧姆龙公司推出的 CP1H PLC 的体积约为 150 mm × 90 mm × 85 mm, 内置 40 个开关量 I/O 点, 4 个模拟量输入点与 2 个模拟量输出点, 基本指令的平均执行时间为 0.1 μs/条, 高级指令的平均执行时间为 0.3 μs/条, 可以使用几百条指令编程。同时, PLC 的制造厂商也开发了多种类型的高性能模块, 如高速计数模块、通信接口模块、运动控制模块等。当 I/O 点数增加时, 可以根据控制要求, 采用灵活的组合方式实现扩展, 满足控制功能。

1.3 可编程序控制器基本结构与类型

1.3.1 可编程序控制器基本结构

PLC 是用微处理器实现的许多电子式继电器、定时器和计数器的组合体, 其内部结构框图如图 1-2 所示。

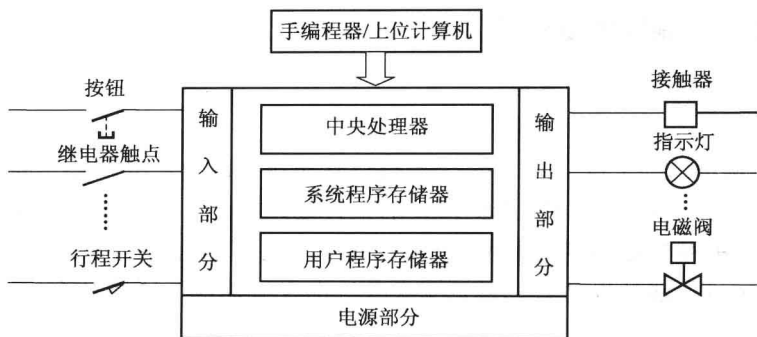


图 1-2 PLC 结构框图

1. 中央处理机

中央处理机是 PLC 的“大脑”，它由中央处理器(CPU)和存储器(Memory)组成。

(1) 中央处理器

CPU 一般是由控制电路、运算器和寄存器组成，这些电路一般都集成在一块芯片上。CPU 通过地址总线、数据总线和控制总线与存储器单元、I/O 接口电路连接。

不同型号的 PLC 可能使用不同的 CPU 部件，制造厂家使用 CPU 部件的指令系统编写系统程序，并固化在只读存储器(ROM)中。CPU 按系统程序赋予的功能，接收用户程序和数据，存入随机存储器(RAM)中，CPU 按扫描方式工作，从 00000 首地址存放的第一条用户程序开始，到用户程序的最后一个地址，不停地周期性扫描，每扫描一次，用户程序就执行一次。

CPU 的主要功能有以下几点：

① 从存储器中读取指令。CPU 从地址总线上给出存储地址，从控制总线上给出读命令，从数据总线上得到读出的指令，并存入 CPU 内的指令寄存器中。

② 执行指令。对存放在指令寄存器中的指令操作码进行译码，执行指令规定的操作，如读取输入信号、取操作数、进行逻辑运算或算术运算、将结果输出给有关部分。

③ 准备取下一条指令。CPU 执行完一条指令后，根据条件可产生下一条指令的地址，以便取出和执行下一条指令。在 CPU 的控制下，程序的指令既可以顺序执行，也可以分支或跳转。

(2) 存储器

存储器是具有记忆功能的半导体电路，用来存放系统程序、用户程序、逻辑变量和其他一些信息。

系统程序是用来控制和完成 PLC 各种功能的程序，这些程序是由 PLC 制造厂家用相应 CPU 的指令系统编写的，并固化到 ROM 中。

用户程序存储器用来存放由编程设备输入的用户程序。用户程序是指使用者根据工程现场的生产过程和工艺要求编写的控制程序，可通过编程设备修改或增删。

在 PLC 中使用的两种类型存储器为 ROM 和 RAM。

① 只读存储器。ROM 中的内容是由 PLC 的制造厂家写入的系统程序，并且永远驻留 (PLC 去电后再加电, ROM 内容不变)。系统程序一般包括以下几部分：

- 检查程序：PLC 加电后，首先由检查程序检查 PLC 各部件操作是否正常，并将检查结果显示给操作人员。
- 翻译程序：将用户键入的控制程序变换成由微机指令组成的程序，然后再执行，还可以对用户程序进行语法检查。
- 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。例如用手编程器选择 PROGRAM 编程工作方式，则总控程序就调用“键盘输入处理程序”，将用户键入的程序送到 RAM 中；若选择 RUN 运行工作方式，则总控程序将启动程序。

② 随机存储器。RAM 是可读可写存储器，读出时，RAM 中的内容不被破坏；写入时，刚写入的信息就会消除原有的信息。为防止去电后 RAM 中的内容丢失，PLC 使用了专用电池对部分 RAM 供电，这样在 PLC 断电后，它仍有电池供电，使得 RAM 中的信息保持不变。RAM 中一般存放以下内容：

- 用户程序：在编程时，通过编程设备输入的程序经过预处理后，存放在 RAM 的从 00000 开始的地址区。
- 逻辑变量：在 RAM 中若干个存储单元用来存放逻辑变量，用 PLC 的术语来说这些逻辑变量就是指输入输出继电器、内部辅助继电器、保持继电器、定时器、计数器和移位继电器等。
- 供内部程序使用的工作单元：不同型号的 PLC 存储器的容量是不相同的，在技术说明书中，一般都给出与用户编程和使用有关的指标，如输入、输出继电器的数量，保持继电器数量，内部辅助继电器数量，定时器和计数器的数量，允许用户程序的最大长度等。这些指标都间接地反映了 RAM 的容量，而 ROM 的容量与 PLC 的复杂程度有关。

2. 电源部件

电源部件将交流电源转换成供 PLC 的中央处理器、存储器等电子电路工作所需要的直流电源，使 PLC 能正常工作，它的好坏直接影响 PLC 的功能和可靠性。因此，目前大部分 PLC 采用开关式稳压电源供电，用锂电池作停电时的后备电源。

3. 输入/输出部分

这是 PLC 与被控设备相连接的接口电路。现场设备输入给 PLC 的各种控制信号，如限位开关、操作按钮、选择开关、行程开关以及其他一些传感器输出的开关量或模拟量(要通过模-数变换进入 PLC 内)等，通过输入接口电路将这些信号转换成 CPU 能够接收和处理的信号。输出接口电路将 CPU 送出的弱电控制信号转换成现场需要的强电信号输出，以驱动电磁阀、接触器等被控设备的执行元件。

(1) 输入接口电路

现场输入接口电路一般是由光电耦合电路和模块输入接口电路组成的。