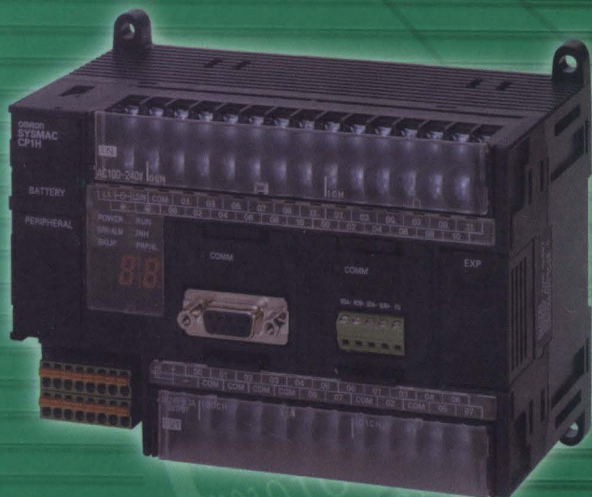


OMRON 欧姆龙公司重点推荐图书

# 欧姆龙 CP1 系列 PLC

## 原理与典型案例精解


霍昱 苏强 等编著



CP1  
CP1



凡购买本书的读者可通过网络获取书中全部实例的配套例程  
下载网址 [www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



# 欧姆龙 CP1 系列 PLC 原理与典型案例精解

霍 罡 苏 强 等编著



机械工业出版社

本书以欧姆龙公司 CP1 系列可编程控制器 (PLC) 为对象, 介绍了 CP1E/CP1L/CP1H PLC 的硬件系统、指令系统、串行通信、程序设计方法与典型案例, 并给出了两个控制系统的设计实例, 还介绍了 CX - ONE 编程工具软件和 MCGS 工控组态软件的使用方法和应用。内容涵盖了逻辑控制、顺序控制、过程控制、串行通信及工控机组态应用程序设计等新技术。

本书可作为大专院校自动化相关专业教材和“可编程控制系统设计师”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

欧姆龙 CP1 系列 PLC 原理与典型案例精解/霍罡等编著. —北京: 机械工业出版社, 2016. 9

ISBN 978-7-111-53722-9

I. ①欧… II. ①霍… III. ①plc 技术 IV. ①TM571. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 096510 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: 李馨馨

责任校对: 张艳霞 责任印制:

印刷厂印刷

2016 年 5 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm × 260mm · 21 印张 · 519 千字

0001 - 册

标准书号: ISBN 978-7-111-53722-9

定价: 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: (010) 88361066

机工官网: [www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

读者购书热线: (010) 68326294

机工官博: [weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

(010) 88379203

教育服务网: [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

封面无防伪标均为盗版

金书网: [www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

# 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。

欧姆龙公司推出了小型机 CP1 系列 PLC，是一款性价比高、功能完备、极具竞争优势的通用控制器。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。为了将该系统的技术亮点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，引用了经典实例，结合系统知识编写了本书。在编写过程中，力求做到理论与实践相结合，所选案例从简至繁，循序渐进。其中的综合实例对工程实践具有较好的参考价值。

本书由霍昱和苏强主编，其中苏强参编第 1、2、3、5 章，马栋萍参编第 9 章，霍昱负责全书统稿和定稿。何英、李志娟、攀晓兵、王暄、马永华、陈惠荣、谢飞、宋娟、张琪、王丰周、陈静等参与了编写工作。

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，书中所需的操作手册、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](http://www.fa.omron.com.cn) 获取，书中所用例程可在机械工业出版社网站 [www. cmpbook. com](http://www.cmpbook.com) 上下载。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！

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。

编 者

E-mail: cobnhuo@126.com

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 可编程序控制器概述</b> .....	1
1.1 可编程序控制器发展史 .....	1
1.2 可编程序控制器系统构成与工作原理 .....	6
1.2.1 可编程序控制器系统构成 .....	6
1.2.2 可编程序控制器工作原理 .....	8
1.3 可编程序控制器系统设计概述.....	11
1.3.1 项目分析.....	11
1.3.2 PLC 硬件选型原则 .....	12
1.3.3 PLC 编程要点 .....	14
1.3.4 PLC 程序调试方法 .....	14
1.4 思考题.....	15
<b>第 2 章 CP1 系列 PLC 硬件系统</b> .....	16
2.1 CP1 系列 PLC 概述 .....	16
2.2 CP1 系列 PLC 硬件系统 .....	17
2.2.1 CP1E 命名规则及硬件选型 .....	17
2.2.2 CP1L 命名规则及硬件选型 .....	21
2.2.3 CP1H 命名规则及硬件选型 .....	23
2.2.4 CP1 系列 PLC 扩展单元 .....	27
2.3 CP1 系列 PLC 存储器 .....	40
2.3.1 CP1 系列 PLC CPU 内置存储器概述 .....	40
2.3.2 CP1 系列 PLC 的 I/O 存储器区 .....	43
2.3.3 CP1 系列 PLC 的 I/O 存储器区分配 .....	46
2.4 中型 PLC 概述 .....	58
2.5 思考题.....	61
<b>第 3 章 CP1 系列 PLC 指令系统</b> .....	62
3.1 PLC 编程语言及规则.....	62
3.2 基本逻辑控制指令.....	64
3.3 定时计数类指令.....	70
3.3.1 定时器指令 .....	70
3.3.2 计数器指令 .....	72
3.3.3 定时器/计数器指令应用典型范例.....	72
3.4 数据比较类指令.....	75
3.4.1 无符号比较指令 CMP .....	75

3.4.2	符号比较类指令	76
3.4.3	区域比较指令 ZCP	77
3.5	数据传送指令	79
3.5.1	传送指令 MOV/求反传送指令 MVN	79
3.5.2	块传送指令 XFER	80
3.5.3	块设置指令 BSET	80
3.5.4	数 (4bits) 传送指令 MOVD	81
3.6	数据移位指令	82
3.6.1	移位寄存器 SFT	83
3.6.2	可逆移位寄存器 SFTR	84
3.6.3	算术左移指令 ASL/双字算术左移指令 ASLL	85
3.6.4	循环左移指令 ROL/双字循环左移指令 ROLL	86
3.6.5	数 (4bits) 左移指令 SLD/数 (4bits) 右移指令 SRD	87
3.6.6	字移位指令 WSFT	87
3.6.7	移位类指令应用范例	88
3.7	数据转换指令	91
3.7.1	BCD→BIN 转换指令 BIN	91
3.7.2	BIN→BCD 转换指令 BCD	91
3.7.3	7 段译码指令 SDEC	92
3.7.4	ASCII 转换指令 ASC	93
3.7.5	ASCII→HEX 转换指令 HEX	95
3.8	逻辑运算指令	96
3.8.1	位取反指令 COM/双字位取反指令 COML	96
3.8.2	字逻辑与指令 ANDW/双字逻辑与指令 ANDL	97
3.8.3	字逻辑或指令 ORW/双字逻辑或指令 ORWL	97
3.8.4	字异或指令 XORW/双字异或指令 XORL	98
3.9	四则运算指令	98
3.9.1	BCD 码递增指令 ++B/双字 BCD 码递增指令 ++BL	99
3.9.2	BCD 码递减指令 --B/双字 BCD 码递减指令 --BL	99
3.9.3	置进位指令 STC/清进位指令 CLC	100
3.9.4	无 CY BCD 码加法指令 +B/带 CY BCD 码加法指令 +BC	100
3.9.5	无 CY BCD 码减法指令 -B/带 CY BCD 码减法指令 -BC	101
3.9.6	BCD 码乘法指令 *B/双字 BCD 码乘法指令 *BL	102
3.9.7	BCD 码除法指令/B/双字 BCD 码除法指令/BL	103
3.9.8	带符号无 CY BIN 加法指令 +/带符号 CY BIN 加法指令 +C	104
3.9.9	带符号无 CY BIN 减法指令 -/带符号 CY BIN 减法指令 -C	105
3.9.10	带符号 BIN 乘法指令 */带符号双字 BIN 乘法指令 *L	106
3.9.11	带符号 BIN 除法指令//带符号双字 BIN 除法指令/L	107
3.10	思考题	108

<b>第 4 章 CX - ONE 编程工具软件</b> .....	111
4.1 CX - One 软件综述 .....	111
4.1.1 CX - One 软件安装方法 .....	111
4.1.2 CX - One 组件功能 .....	117
4.2 梯形图编辑实例 .....	118
4.2.1 工作原理及 PLC 控制方案 .....	118
4.2.2 CX - Programmer 编程工具使用方法 .....	120
4.3 思考题 .....	144
<b>第 5 章 CP1 系列 PLC 串行通信</b> .....	145
5.1 通信 .....	145
5.1.1 串行通信概念 .....	145
5.1.2 串行通信接线方式 .....	145
5.2 CP1 系列 PLC 通信口配置 .....	149
5.3 上位机链接协议 Host Link .....	151
5.3.1 Host Link 命令格式 .....	152
5.3.2 Host Link 命令内容 .....	152
5.4 NT Link 链接协议 .....	155
5.5 MODBUS - RTU 简易主站 .....	156
5.5.1 MODBUS - RTU 简易主站概述 .....	156
5.5.2 MODBUS - RTU 协议格式 .....	156
5.5.3 简易主站功能设定 .....	157
5.5.4 简易主站功能 .....	157
5.5.5 山武温控器通信实例 .....	159
5.6 PC Link 协议 .....	165
5.6.1 PC Link 线路连接 .....	165
5.6.2 PC Link 通信规格及方式 .....	166
5.6.3 PC Link 主/从站设定方法 .....	168
5.6.4 PC Link 控制实例 .....	169
5.7 协议宏通信 .....	171
<b>第 6 章 PLC 程序设计方法与典型案例</b> .....	172
6.1 继电器 - 接触器电路图/梯形图转换设计法 .....	172
6.1.1 转换原理及步骤 .....	172
6.1.2 星形—三角形启动控制案例 .....	173
6.2 经验设计法 .....	176
6.2.1 原理及步骤 .....	176
6.2.2 送料小车控制案例 .....	177
6.3 顺控图设计法 .....	178
6.3.1 原理及步骤 .....	178
6.3.2 动力头钻孔控制案例 .....	184

6.4	步进顺控设计法	189
6.5	时序图设计法	193
6.5.1	原理及步骤	193
6.5.2	人行道信号灯控制案例	193
6.6	思考题	197
<b>第7章</b>	<b>冲压车间空调机组控制系统设计实例</b>	<b>202</b>
7.1	冲压车间空调机组系统设计	202
7.1.1	冲压车间空调机组项目分析	202
7.1.2	冲压车间空调机组控制方案设计	204
7.2	PLC 系统配置与地址分配	207
7.2.1	PLC 系统硬件配置	207
7.2.2	PT 使用流程与画面功能设定	208
7.2.3	I/O 与内存地址分配	212
7.3	冲压车间空调机组控制程序设计	214
7.3.1	模拟量信号的软件设置	214
7.3.2	工程量显示	215
7.3.3	工程量设定	218
7.3.4	量程标准化处理	221
7.3.5	PID 指令工作原理及控制算法	222
7.3.6	PID 回路调节程序设计	226
7.3.7	报警程序设计	230
7.4	CPM1A 模拟量输入/输出扩展单元	232
7.4.1	模拟量输入单元 CPM1A - AD041	232
7.4.2	模拟量输出单元 CPM1A - DA041	236
<b>第8章</b>	<b>电磁波老化测试台控制系统设计实例</b>	<b>241</b>
8.1	项目分析	241
8.1.1	项目要求与技术指标	241
8.1.2	项目分析	246
8.2	控制方案设计	247
8.3	控制系统硬件配置	250
8.3.1	PLC 系统选型	250
8.3.2	巡检仪选型	251
8.3.3	模拟量输入单元设置	252
8.3.4	串行通信单元选型与硬件设置	256
8.3.5	串行通信单元参数设置	258
8.4	协议宏创建	260
8.4.1	巡检仪读取测量值命令	260
8.4.2	创建协议	261
8.4.3	创建发送协议	263

8.4.4	创建接收协议 .....	265
8.5	控制程序设计 .....	268
8.5.1	A/D 单元参数设置 .....	268
8.5.2	上下限值 .....	272
8.5.3	关键参数限值比较与报警 .....	274
8.5.4	协议宏调用程序 .....	275
8.5.5	一般参数限值比较与报警 .....	279
8.5.6	射检判断 .....	279
8.5.7	报警处理 .....	282
<b>第 9 章</b>	<b>MCGS 工控组态软件应用</b> .....	<b>285</b>
9.1	MCGS 工控组态软件综述 .....	285
9.1.1	工控组态软件概述 .....	285
9.1.2	MCGS 通用组态软件的特点 .....	287
9.1.3	MCGS 组态软件构成 .....	289
9.2	基于 MCGS 的机械手自动分拣控制案例 .....	290
9.2.1	工作流程及控制要求 .....	290
9.2.2	控制系统组成 .....	292
9.2.3	实时数据库的创建 .....	294
9.2.4	画面制作与动画连接 .....	299
9.2.5	运行策略设计 .....	311
9.2.6	设备窗口组态 .....	322
9.2.7	自动分拣系统运行效果 .....	325
<b>参考文献</b>	.....	<b>327</b>

# 第 1 章 可编程序控制器概述

可编程序控制器（以下简称 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。为与个人计算机（Personal Computer）的简称 PC 相区别，业内简称可编程序控制器为 PLC。

## 1.1 可编程序控制器发展史

### 1. 工业自动化

工业自动化是机器设备或生产过程在不需人工直接干预的情况下，按预期的目标实现测量、操纵等信息处理和过程控制的统称。自动化技术就是探索和研究实现自动化过程的方法和技术。它是涉及机械、微电子、计算机、机器视觉等技术领域的一门综合性技术。由于工业革命的需要，自动化技术才得以蓬勃发展。同时自动化技术也促进了工业的进步，如今自动化技术已经被广泛地应用于机械制造、电力、建筑、交通运输、信息技术等领域，成为提高劳动生产率的主要手段。可编程序控制器属于工业自动化控制领域（简称工控）。

### 2. 可编程序控制器的问世及其背景

早期工业自动化主要采用诸如继电器、鼓式开关、纸带阅读器等机械、电气式器件作为控制元件。由于继电器结构简单易懂，使用方便，价格低廉，在一定的范围内能满足控制要求，因此在早期工业控制领域中占据了主导地位。但是，随着工业现代化的发展，生产规模越来越大，劳动生产率及产品质量的要求不断提高，很多场合需要成千甚至上万个继电器、计数器、定时器才能组合出功能复杂的系统。

20 世纪 60 年代末期，美国汽车工业需要进行大规模的技术改造和设备更新。而传统的继电器控制系统，不仅体积庞大、故障率高、柔性差、不灵活、耗能大，而且调试困难，可靠性也差，设计制造周期长、程序修改费时。不仅如此，生产线维护需要耗费大量的人力、财力，要求现场工人对生产线的工艺流程和相关元器件的操作熟练度高。因此，1968 年美国通用汽车公司提出开发新一代控制器的设想，从用户的角度考虑，提出了以下 10 项要求：

- 1) 编程简单，可在现场修改程序——解决继电器控制装置修改困难问题。
- 2) 维护方便，最好是插件式——降低现场维护成本。
- 3) 可靠性高于继电器控制柜——解决众多继电器连锁后的可靠性问题。
- 4) 体积小于继电器控制柜——在降低能耗的同时提高现场空间利用率。
- 5) 可将数据直接送入管理计算机——可通过计算机监视整个系统的运行状态。
- 6) 在成本上可与继电器控制竞争——强调性价比，方便大规模应用。
- 7) 输入可以是交流 115 V（美国电网电压为 110 V）——可以直接接入到普通电网中。
- 8) 输出为交流 115 V、2 A 以上，能直接驱动电磁阀——取代继电器，直接控制下游设备。
- 9) 在扩展时，原系统只需做很小变更——具有一定扩展能力，方便设备升级。

10) 用户程序至少能扩展到 4 KB 以上——便于编写较为复杂的用户程序。

1969 年，美国数字设备公司（DEC）根据以上要求研制成功了第一台 PDP-14 控制器，并在汽车自动装配线上成功使用。由于当时该控制器仅实现顺序控制和一定的逻辑运算功能，故命名为可编程序逻辑控制器（Programmable Logic Controller, PLC）。早期 PLC 只具有简单的逻辑开/关（ON/OFF）功能，但与传统继电器相比，已具有容易修改、安装简单、可自诊断与节省空间等优点。

20 世纪 70 年代初期，PLC 引入微处理器技术，使其具有算术运算功能与数字信号输入/输出功能，并且能直接以梯形图符号编写程序。这项新技术在工业界产生了巨大的反响，工程技术人员无需掌握一种专门的编程语言，只需认识基本电气电路图就可以编写 PLC 程序。日本在 1971 年从美国引进了 PLC 技术，研制成功了 DCS-8 PLC；德、法两国在 1973 年至 1974 年间也相继掌握了 PLC 技术。我国于 1977 年研制成功第一台 PLC。

1987 年 2 月国际电工委员会（IEC）对 PLC 做出了如下定义：“可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为工业环境而设计。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，并通过数字式和模拟式的输入和输出，控制各种类型机械的生产过程。”，标志着 PLC 在工业控制中已经占有了一定份额。

### 3. 可编程序控制器的发展

随着 20 世纪 70 年代中期微处理器技术的发展和 51 型单片机的问世，PLC 摆脱了早期只能进行逻辑运算和定时、计数运算的境遇，逐步加入数据传送，比较、运算和模拟量运算等功能。进入 80 年代，伴随着计算机通信技术的发展和工业化、信息化的深入，PLC 也逐步应用网络技术，初步形成了分布式的通信网络体系。但是由于各个 PLC 生产厂家产品各成体系，不同厂家的 PLC 之间通信兼容性较差。从 20 世纪 80 年代中期开始，PLC 的功能进一步多样化，先后出现了 A/D、D/A 单元，高速计数单元、温度控制单元、位置控制单元、运动控制单元、通信单元等，使 PLC 可以涵盖更加广泛的控制场合。随着各厂家产品不断更新换代，PLC 功能也在成倍提高。

### 4. 可编程序控制器的特点

PLC 之所以在工业控制领域占有越来越大的份额，是由于它相对于其他控制设备具有如下突出特点。

#### (1) 可靠性高

1) 严格的制造工艺：PLC 在其内部印制电路板的设计、相关元器件的挑选以及元器件的焊接等方面，采用了极其严格的工艺标准。输入输出电路中采用了光隔离措施，防止外部输入高电压或由于工程人员接线错误导致的过电流损坏内部计算芯片，从而杜绝设备整体失控的现象出现。现在一般 PLC 产品，可以在 0~60℃、相对湿度 90% 的环境中稳定工作，并对工业现场的机械振动、冲击，以及电源端一定电压电流的变化或者瞬间的电源中断有着良好的应对能力。

2) 良好的抗干扰能力：PLC 不仅可以适应较为恶劣的工业环境，其自身也有着良好的抗干扰能力。当 PLC 运行时，其各个 I/O 端口不仅采用了常规模拟滤波，还加上了数字滤波；内部电路采用了电磁屏蔽措施，防止现场大功率设备对 PLC 的辐射干扰；PLC 整体的电源也采用较为先进的电源电路，从而防止干扰信号串入电源回路，影响 PLC 工作。

3) 完善的软件系统设计: PLC 的软件设计方面也采取了很多特殊措施。其内部设置了警戒时钟 (WDT), 当 PLC 运行时对 WDT 进行定时刷新。一旦程序出现了死循环, 超过一定时间没有对 WDT 进行刷新, WDT 将会跳出死循环程序, 并发出报警信号。在 PLC 运行时, 软件系统还可以对自身相关硬件进行自检, 当相关硬件有连接错误或者故障出现时, 系统会报警。针对用户编写的程序, 软件系统具有相应的查错报错程序, 发现用户程序出错时, 系统不能运行。

#### (2) 应用简便

1) 编程语言多样高效: PLC 采用电气工程人员所习惯的梯形图编程语言得到了良好的反响, 使没有任何计算机编程经验的电气工程人员, 也可以编写 PLC 程序。而现在很多 PLC 均兼容多种编程语言, 如 ST 语言 (结构文本), 实现利用 C 语言编写 PLC 程序。新型 PLC 还针对具体工程问题设计了顺序功能图、流程图两种编程方式, 可以大大简化编程工作量。

2) 编程工具软件亲和度高: 考虑到 PLC 编程人员的熟练度差异, 厂家在 PLC 编程工具软件中加入了编程错误提示功能。当程序中出现语法类、参数设置类或系统设置类错误时, 编程工具软件会将错误检查出来并在警告栏内显示。这样的设计在软件和程序员间建立了良好的沟通关系, 随着 PLC 的发展, 其编程软件的亲和度与智能化将会更进一步提高。

3) 维护方便: 相比于继电器控制系统, PLC 系统维护极其简单。修护人员只需保存好运行的用户程序和 PLC 模块外部开关设置参数, 就可以保证整个系统的正常工作。当出现模块损坏时, 工程人员只需更新模块, 并按照老模块设置的参数进行设置, 并下传程序, 即可完成维护工作。还有一些 PLC 模块上的端子排可以拆卸, 这样使工程人员进一步免去了重新接线的麻烦, 从而在本质上解决了继电器连锁电路维护困难的问题。

#### (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 转换、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功能, 可以通过上位计算机进行显示、报警、记录和人机对话, 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, 便捷的通信

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。PLC 控制系统可以构成 Rockwell 公司提出的著名的三层工控网络体系结构。

#### (5) 设计、施工和调试周期短

PLC 以软件编程来代替硬件接线, 由它构成的控制系统结构简单、功能灵活, 安装使用方便。硬件接线和软件编程可以并行进行, 程序的编写、调试方便, 大大缩短了 PLC 控制系统的开发、投产周期。

### 5. 可编程序控制器的类型

在 PLC 大规模应用于工业控制的今天, PLC 也发展出了多种样式。目前, 对 PLC 的分类主要根据其结构形式的不同和 I/O 点的数量来划分。在结构上, 现在 PLC 分为一体式 PLC 和模块式 PLC; 按 I/O 点的数量多少, PLC 可分为微型机、小型机、中型机和大型机。

## (1) 按照结构形式分类

1) 一体式 PLC。一体式 PLC 是指电源、CPU、I/O 点及通信端口整合为一体的 PLC，具有体积紧凑，体积小，价格低廉等特点。此类 PLC 具有一定的扩展能力，多作为小型成套设备或者作为复杂工业控制网络末端的控制器。目前市场上常见的一体式 PLC 包括欧姆龙 CP1 系列，三菱 FX1N 系列和西门子 S7 - 200 系列等。外观如图 1-1 所示。

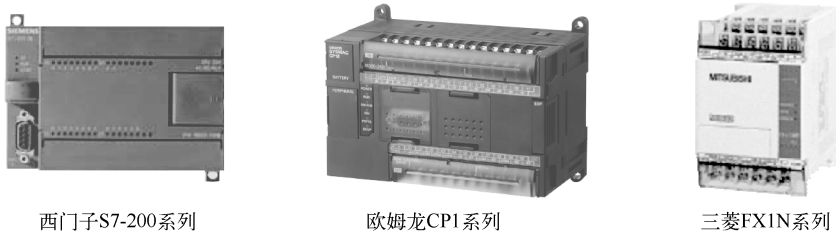


图 1-1 一体式 PLC 示例

2) 模块式 PLC。模块式 PLC 是指将 PLC 各部分分成若干模块。一般一个完整的 PLC 系统是由 CPU 模块、I/O 模块、电源模块（有的含在 CPU 模块中）以及各种功能模块组成。模块式 PLC 的特点是配置灵活，扩展能力强，可以根据现场和系统扩展的需要选择各种功能模块，组成不同规模的 PLC 系统，一般应用于大型设备，工厂生产线等需要较多 I/O 点或者需要组成较为复杂的工业控制网络的场合。欧姆龙的 CJ2 系列，三菱的 Q 系列和西门子的 S7 - 300/400 系列是市场上比较常见的模块式 PLC。具体外观如图 1-2 所示。



图 1-2 模块式 PLC 示例

## (2) 按照 I/O 点数分类

1) 微型机。在一些功能要求简单（如简单的逻辑控制、定时、计数功能）、I/O 点数少（如点数为十几个点）、费用要求低的场合，传统的继电器仍占据较大的市场，而早中期的 PLC 产品很难顾及该类场合。

20 世纪 90 年代中期以来，在 PLC 中出现了一类 I/O 点数只有十几个点的微型系列产品，其中一部分带 HMI（Human Machine Interface，即人机操作界面，又称可编程终端）的称为带 HMI 的微型 PLC。几乎所有著名的 PLC 厂家均推出了此类产品，如日本的欧姆龙公司、和泉公司，德国西门子公司，美国罗克韦尔公司、法国施耐德 TE 公司等。具体微型机功能如图 1-3 所示。

微型机均为一体机，一个微型机主机上有十几个 I/O 点，只用作逻辑控制场合，一般没有通信和模拟量功能。通过扩展，微型机可以控制几十个 I/O 点，用户程序容量在 1K 字以下。微型机外观如图 1-4 所示。

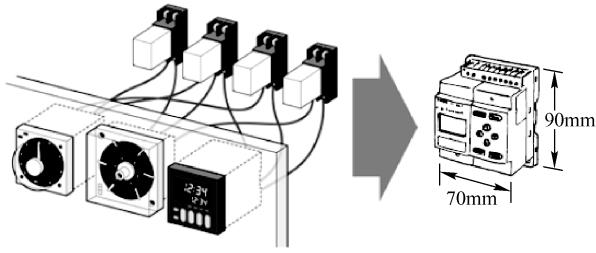


图 1-3 微型 PLC 替换图



图 1-4 欧姆龙 ZEN 系列微型 PLC

2) 小型机。小型机为目前市场上应用最多的机型，其体积小，集多种功能于一体，有一定的扩展能力，满足大多数小型设备的控制要求。小型机均为一体机，单体一般有几十个 I/O 点，可以通过扩展支持通信和模拟量功能，最大可以控制几百个 I/O 点，用户程序最大可以到 20K 字。

3) 中型机。中型机均为模块式 PLC，其控制扩展 I/O 模块，可以控制上千个 I/O 点，并支持多种复杂通信网络和扩展多种特殊功能模块。用户程序最多可以达到几百 K 字。

4) 大型机。大型机和中型机一样，均为模块式 PLC，通过扩展 I/O 模块可以控制上万点甚至几万点，用户程序最多可以达到上千 K 字。由于大型机应用的场合很多都是火力发电站，供水设施等关键部门，所以在控制点数众多的基础上，大型机更进一步加强了可靠性。不仅在制造工艺上更加严格，更在系统上设计了双机热备功能。一个 PLC 系统拥有两套电源和 CPU 主机，当一个 CPU 或者电源出现故障时，系统可以自动切换到备用 CPU 或者电源，并做出报警。可以在不断电的情况下进行相应模块的插拔和替换，从而保证关键部门不间断地正常工作。

## 6. 可编程序控制器的发展趋势

### (1) 处理速度更快，多 CPU 结构保证系统稳定

随着电子工业的发展，PLC 的 CPU 处理速度在每次产品更新换代时都有 3~5 倍的提升，欧姆龙的 CPM 系列发展到 CP1 系列更有 10 倍以上的提升。更快的处理速度意味着更强的控制能力，有助于 PLC 应用于更重要的控制领域。

在一些重要的工程设施，工程技术人员会使用具有双机热备功能的 PLC。为了进一步提高 PLC 的容错性能，近年来有些公司研制了三重全冗余的机型。在整体设备的安全系数上有了更进一步的保障。

### (2) 存储容量更大

随着 PLC 应用领域深入和程序容量增大，其用户程序的容量已从原来的 2K 字增加到现在的 500K 字以上，相关数据存储区容量也由原来的不到 10K 字增加到现在 500K 字以上。

通过扩展外接存储卡，更可以将存储数据量扩展到 512 MB 以上。

### (3) 功能集成化

在硬件方面，许多需要通过扩展模块才能实现的功能，已经逐步地集成于 PLC 上。例如欧姆龙系列 CP1E-NA 型 PLC，其单体上集成了 2 路模拟量输入，1 路模拟量输出，并且内置了一个 RS-232 通信口。这样就使 PLC 同时具有了模拟量和数据通信功能，使工程技术人员不必再购买相关扩展模块。

在软件方面，PLC 的集成化也在逐步地深入。早期的 PLC 必须通过复杂的通信协议才可以实现与下位仪表、变频器或者温控器的数据交换，而最新的欧姆龙 CP1H 和 CP1L 型 PLC，通过编程工具软件中的功能块，导入由欧姆龙公司提供的通信功能块程序，进行简单设置参数，就可以与相关仪表、变频器和温控器进行通信。

### (4) 网络功能更强大

早期 PLC 的软件、硬件系统设计较封闭，PLC 总线网络和通信协议也不互相兼容。在信息化的今天，几乎所有 PLC 制造商都加强了 PLC 通信联网的兼容性和信息处理能力。如欧姆龙系列 PLC 工业网络，老的网路构成为信息层（Ethernet 网）、控制层（Controller Link 网）和设备层（CompoBus/D，CompoBus/S 网），而现在信息层和控制层相融合，利用 EtherNet/IP 网络代替原先的信息层和控制层。未来的网路将会以一网到底为目标发展，具体对比如图 1-5 所示。

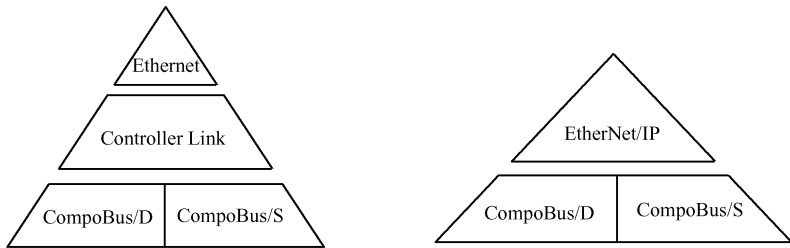


图 1-5 欧姆龙系列 PLC 网络结构图

## 1.2 可编程序控制器系统构成与工作原理

### 1.2.1 可编程序控制器系统构成

简单来说，PLC 是用内部微处理器来替代继电器、定时器和计数器的设备，PLC 内部结构如图 1-6 所示。

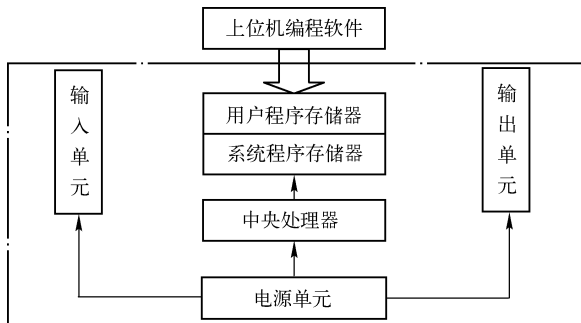


图 1-6 PLC 内部结构图

## 1. 中央处理单元

PLC 的中央处理单元如同人类的大脑，其内部是由中央处理器（CPU）和存储器（Memory）构成。

### (1) 中央处理器（CPU）

中央处理器由控制电路、运算器和寄存器构成，这些电路都集成在一块芯片上，通过 PLC 内部的地址总线、数据总线和控制总线与存储器单元、输入输出接口电路连接。它接收并存储从上位机输入的用户程序及数据，并存入随机存储器（RAM）中。当 PLC 程序运行的同时检查电源、存储器、I/O 以及警戒定时器的状态，并能诊断用户程序中的语法错误，CPU 以扫描的方式接收现场各输入装置的状态和数据，并分别存入 I/O 映像区，然后从用户程序存储器中逐条读取用户程序，将按指令执行的结果送入 I/O 映像区的数据寄存器内。等所有的用户程序执行完毕之后，最后将 I/O 映像区的各输出状态或输出寄存器内的数据传送到相应的输出装置上，如此循环运行，直到停止运行。

### (2) 存储器（Memory）

存储器是具有记忆功能的半导体电路，其作用是存放系统程序、用户程序、参数设置和其他一些需要存储的信息。其中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 制造厂家在生产 PLC 时固化到只读存储器（ROM）中的。而用户程序存储器是用来存储工程技术人员编写、下传写入到 PLC 的用户程序的 RAM，他们可以根据现场需要，通过上位机编程软件，实时地对用户程序及数据进行修改。

PLC 存储器分为 ROM 和 RAM 两种。

1) 只读存储器。ROM 中的内容是由 PLC 制造厂家写入的系统程序，无论 PLC 上电和断电时均不能人为修改。系统程序一般包括以下几个部分：

① 检查程序：PLC 上电后，首先要检查 PLC 内部各硬件是否正常工作，并将检查结果通过 PLC 面板指示灯反馈给现场人员。

② 编译程序：用户通过上位机编程软件编写的用户程序是无法被 PLC 识别的，需要通过编译程序使用户程序变成 PLC 可以接受的程序。

③ 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，例如若用手持编程器选择 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，读取数据时不会破坏 RAM 内的数据；向 RAM 中写入数据时，写入的数据会覆盖原有数据。为了防止 PLC 掉电后 RAM 中的数据丢失，多数 PLC 使用专用电池给 RAM 单独供电。RAM 中存储的数据一般包括以下几部分：

① 用户程序区域：在 PLC 通电状态下运行和保存经过编译的用户程序。

② 参数区域：参数区域存储的是上位机编程软件对于用户程序运行时的各种设定。

③ I/O 存储器区域：不同型号 PLC 的 I/O 存储器区域容量是不同的，一般分为输入、输出继电器，掉电保持继电器，内部辅助继电器，定时器、计数器和数据存储器。RAM 的容量直接反映了用户程序的最大容量指标。

## 2. 电源单元

电源单元的作用是为 PLC 中的 CPU、存储器等电子电路供电。一般 PLC 供电电源分为交流供电和直流供电两种。其中交流型供电 PLC 需要将交流 110 ~ 220 V，50 ~ 60 Hz

(±10%波动)供电转换成 PLC 内部电子元器件所需要的直流电,这样 PLC 就可以接入到一般城市电网。直流型供电 PLC 的供电范围是直流 24V (±10%波动)。目前大多数 PLC 的电源单元采用开关稳压电源供电,用锂电池作为停电时的后备电池。

### 3. 输入/输出单元

PLC 通过输入单元接收外部控制信号,经过内部程序运算,再经由输出单元送出控制信号,以驱动现场设备。

#### (1) 输入单元电路

输入电路采用光耦合电路与现场输入信号相连接,其目的是防止现场强电干扰进入 PLC,光耦合电路关键器件是光耦合器,一般由发光二极管和光敏晶体管构成。

光耦合器的信号传感原理是在光耦合器的输入端加上变化电信号,发光二极管就产生与输入信号变化规律相同的光信号,光敏晶体管在光信号照射下导通。为了满足 NPN 和 PNP 型输出传感器的连接需要,PLC 输入端的光耦合器均为双向光耦合,具体电路图如图 1-7 所示。经过光耦合器,外部的输入信号将被输入到输入数据寄存器,再通过数据总线传送给 CPU 以便程序处理。

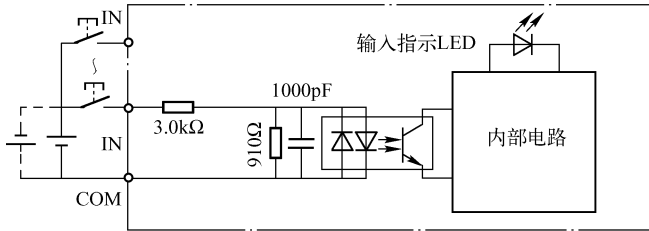


图 1-7 PLC 输入光耦合器电路原理图

#### (2) 输出单元电路

输出电路一般由输出接口电路和功率放大电路构成。输出接口电路由输出寄存器、选通电路和中断请求电路构成。CPU 通过数据总线将输出信号传送到输出寄存器中。功率放大电路将输出信号放大,通过 PLC 输出端的继电器或者晶闸管来控制负载的通断。

## 1.2.2 可编程序控制器工作原理

### 1. PLC 工作流程

PLC 系统上电后,其内部的 CPU 需要首先进行初始化工作,称为公共处理,即对系统中的 I/O 单元、系统硬件与程序存储器单元进行检测,如果正常则完成自检,进入后续功能。如果自检出现问题,则发出报警信号,PLC 根据检测出问题的严重程度分成错误和报警。报警不会影响 PLC 的运行;而错误出现时,PLC 将会停止运行,直至错误排除为止。

当系统完成自检后将开始执行用户程序,系统执行用户程序时将会按照由左至右,由上至下的顺序逐个扫描梯形图程序中的每个元素。此时 PLC 只与 I/O 映像区进行数据交换,读取输入数据,根据梯形图执行结果实时将输出数据传送出来,当 CPU 执行到梯形图的 END 指令时,表示梯形图程序执行结束,则此次用户程序扫描结束。

CPU 将计算此次扫描用户程序时间并判断是否超过预置的 PLC 最小扫描周期,如果超出则系统报警。