

可编程序控制系统设计师必备

欧姆龙PLC 应用系统设计

实例精解

霍 昱 编 著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

欧姆龙 PLC 应用系统设计 实例精解

霍 罡 编著

常州大学图书馆
藏书章

本书的编写理念是
CJ1 系列 PLC 为参考机
活应用任何品牌的 PLC

本书的编著者霍罡
精品课程《可编程序控
欧姆龙自动化（中国）
自动化（中国）有限公司

资料 TP332.3

书 H1967

E-mail: cotnhuo@126.com

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以欧姆龙公司 CJ1 系列可编程序控制器 (PLC) 为基本机型, 以 HG-09 型电磁波探测器老化测试台的 PLC 控制系统为设计案例, 详细介绍了利用 PLC 系统开发工程项目的流程和方法, 内容涵盖了项目分析、控制方案设计、硬件系统的选型与配置、I/O 点与内存地址的分配、特殊功能模块的参数设置、PLC 程序常用设计方法与经典程序片段、系统调试方法、PLC 日常维护措施、PLC 故障诊断与处理方法等, 涉及逻辑控制、顺序控制、模拟信号处理及串行通信总线等新技术的应用。

本书首次以工程项目设计过程为编写主线, 将 CJ1 系列 PLC 的硬件系统、常用指令及编程软件等基础知识贯穿于案例中, 力求做到由浅入深、循序渐进。借助此书读者将较快地领悟 PLC 的基本使用方法。

本书可作为大专院校自动化相关专业的参考书和“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 CJ1 系列 PLC 的用户具有参考价值。

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 PLC 应用系统设计实例精解 / 霍昱编著. —北京: 电子工业出版社, 2010.4
ISBN 978-7-121-10459-6

I. 欧… II. 霍… III. 可编程序控制器—程序设计 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 034992 号

策划编辑: 康 霞

责任编辑: 侯丽平

印 刷: 北京民族印务有限责任公司

装 订: 北京民族印务有限责任公司

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: 19.75 字数: 505.6 千字

印 次: 2010 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 45.00 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, 联系电话: (010) 68279077; 邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@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，PLC 应用向智能化和网络化发展，且逐渐成为主流趋势，应用人才需求旺盛，从而催生了新兴职业——“可编程序控制系统设计师”。市场上与 PLC 技术相关的各类参考书已不胜枚举。但是，仍有相当多的读者未能建立起 PLC 系统的概念，也未能掌握使用 PLC 解决实际工程问题的流程和方法，仅学习了某一机型 PLC 的某些指令或某一两项技术，缺乏整体的把握，不免会有盲人摸象的感觉。

本书独辟蹊径地以设计某一实际项目的 PLC 控制系统为主线，按照《可编程序控制系统设计师国家职业标准》，全面且详细地介绍了项目分析、控制方案设计、硬件系统的选型与配置、输入/输出点与内存地址的分配，特殊功能模块的参数设置，程序设计与系统调试的方法，以及运行管理措施等内容。为了兼顾不同层次的读者，在各设计环节中穿插了逻辑控制、顺序控制、模拟信号处理及串行通信总线等新技术的内容，并在本书最后简要介绍了相关指令和编程软件的使用方法，力求起到拾遗补缺的作用。

本书的编写理念是重在教授方法，而非教某一机型如何使用。虽然书中案例是以欧姆龙 CJ1 系列 PLC 为参考机型构建的控制系统，但是读者在掌握了解决实际问题的方法后可以灵活应用任何品牌的 PLC。

本书的编著者霍昱曾参与起草《可编程序控制系统设计师国家职业标准》，是北京市级精品课程《可编程序控制器》主讲教师，主持过多项工程项目。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，特别感谢北京联合大学樊晓兵老师、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的部分资料，在此向相关作者一并表示衷心感谢！

书中所需使用手册、编程手册等技术资料可以通过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，时间仓促，书中错漏之处难免，恳请广大读者批评指正。

E-mail: cobnhuo@126.com

作 者

2010 年 1 月

目 录

第 1 章	可编程序控制器概述	1
1.1	可编程序控制器的基本概念	1
1.1.1	可编程序控制器的定义	1
1.1.2	可编程序控制器的发展历程与趋势	1
1.2	可编程序控制器特点与基本结构	5
1.2.1	可编程序控制器特点	5
1.2.2	可编程序控制器的基本结构	8
1.2.3	可编程序控制器类型	10
1.2.4	可编程序控制器的主要厂家及其代表产品	11
1.3	可编程序控制器基本工作原理	11
1.3.1	可编程序控制器工作原理	11
1.3.2	可编程序控制器的工作方式	14
1.3.3	可编程序控制器扫描周期与响应时间	16
1.4	可编程序控制器应用系统设计	18
1.4.1	可编程序控制器应用系统设计原则	18
1.4.2	可编程序控制器的系统设计内容	18
1.4.3	可编程序控制器的系统设计步骤	19
第 2 章	老化测试台控制系统项目分析	22
2.1	老化测试台项目分析	22
2.1.1	老化测试台控制要求与技术指标	22
2.1.2	老化测试台项目分析	28
2.2	老化测试台控制方案设计	31
2.2.1	老化测试台控制方案论证	31
2.2.2	老化测试台控制系统实施方案	33
第 3 章	老化测试台控制系统硬件设计	40
3.1	PLC 系统硬件设计基础	40
3.1.1	PLC 系统硬件设计内涵	40
3.1.2	PLC 机型的选取原则与方法	41
3.1.3	开关量输入/输出单元的选取原则与方法	43
3.1.4	模拟量输入/输出单元的选取原则与方法	44
3.1.5	PLC 电源单元的选取原则与方法	45
3.2	老化测试台 PLC 控制系统硬件配置	46
3.3	CJ1 系列 PLC 系统安装条件及安装规范	63

3.3.1	PLC 系统安装条件	63
3.3.2	CJ1 系列 PLC 系统安装规范	65
第 4 章	老化测试台控制系统 I/O 分配与参数设置	81
4.1	I/O 地址分配与内存分配	81
4.1.1	欧姆龙 CJ1 系列 PLC 存储器结构	81
4.1.2	欧姆龙 CJ1 系列 PLC 存储区的特性	85
4.1.3	老化台 PLC 控制系统 I/O 分配	98
4.2	参数设置	104
4.2.1	模拟量单元参数设置方法	105
4.2.2	串行通信单元参数设置方法	114
第 5 章	老化测试台控制系统程序设计	120
5.1	老化测试台控制程序结构设计	120
5.1.1	可编程序控制器程序设计内容	120
5.1.2	可编程序控制器程序设计步骤	121
5.1.3	老化台 PLC 控制程序主结构设计	122
5.2	可编程序控制器控制程序设计方法	125
5.2.1	继电器-接触器电路图/梯形图转换设计法	125
5.2.2	逻辑设计法	128
5.2.3	经验设计法	129
5.2.4	顺控图设计法	132
5.2.5	步进顺控设计法	137
5.3	老化测试台控制子任务程序设计	143
5.3.1	初始程序设计	143
5.3.2	协议宏的创建	148
5.3.3	串行通信控制程序设计	158
5.3.4	巡检仪测量值换算程序设计	164
5.3.5	老化流程顺序控制程序设计	167
5.3.6	限值比较与报警程序设计	179
5.3.7	射检判断程序设计	188
5.3.8	上位机通信判断程序设计	192
结语		192
第 6 章	老化测试台控制系统调试与运行管理	194
6.1	PLC 控制系统调试	194
6.1.1	信号校验方法	194
6.1.2	信号校验实例	200
6.1.3	PLC 控制系统的现场调试方法	205
6.1.4	编程软件调试程序的方法	206

6.1.5	联机调试实例	209
6.2	PLC 控制系统运行管理	214
6.2.1	PLC 日常维护	214
6.2.2	定期检查控制系统的硬件设备	217
6.2.3	PLC 系统的自诊断功能	218
6.2.4	故障诊断与处理的方法	220
第 7 章	CJ1 系列 PLC 指令系统	228
7.1	PLC 编程语言及规则	228
7.2	顺序输入/输出类指令	231
7.2.1	顺序输入/输出指令	231
7.2.2	顺序输入/输出指令典型应用——抢答器	241
7.3	定时/计数类指令	244
7.3.1	定时器指令	244
7.3.2	计数器指令	246
7.3.3	定时器/计数器指令典型应用	248
7.4	数据移位类指令	252
7.4.1	移位寄存器 SFT	253
7.4.2	算术左移指令 ASL/双字算术左移指令 ASLL	254
7.4.3	算术右移指令 ASR/双字算术右移指令 ASRL	254
7.4.4	循环左移指令 ROL/双字循环左移指令 ROLL	255
7.4.5	循环右移指令 ROR/双字循环右移指令 RORL	255
7.4.6	数 (4 bits) 左移指令 SLD/数 (4 bits) 右移指令 SRD	256
7.4.7	字移位指令 WSFT	256
7.4.8	移位类指令的典型应用	257
7.5	数据传送类指令	259
7.5.1	传送指令 MOV/求反传送指令 MVN	259
7.5.2	块传送指令 XFER	260
7.5.3	块设置指令 BSET	260
7.5.4	数 (4 bits) 传送指令 MOVD	261
7.6	数据比较类指令	262
7.6.1	无符号比较指令 CMP	262
7.6.2	区域比较指令 ZCP	263
7.6.3	符号比较类指令	264
7.7	数据转换类指令	265
7.7.1	BCD→BIN 转换指令 BIN	265
7.7.2	BIN→BCD 转换指令 BCD	266
7.7.3	7 段译码指令 SDEC	267
7.7.4	ASCII 转换指令 ASC	268
7.7.5	ASCII→HEX 转换 HEX	270

从 20 世纪 20 年代起, 继电接触器控制系统在工业控制领域中一直占据主导地位。该系

7.8 数据四则运算类指令 272

7.8.1 置进位 STC/清进位 CLC 272

7.8.2 无 CY BCD 码加法指令+B/带 CY BCD 码加法指令+BC 273

7.8.3 无 CY BCD 码减法指令-B/带 CY BCD 码减法指令-BC 274

7.8.4 带符号无 CY BIN 加法指令+/带符号 CY BIN 加法指令+C 275

7.8.5 带符号无 CY BIN 减法指令-/带符号 CY BIN 减法指令-C 275

7.9 逻辑运算类指令 276

7.9.1 位取反指令 COM/双字位取反指令 COML 276

7.9.2 字逻辑与指令 ANDW/双字逻辑与指令 ANDL 277

7.9.3 字逻辑或指令 ORW/双字逻辑或指令 ORWL 277

7.9.4 字异或指令 XORW/双字异或指令 XORL 278

7.9.5 字异或非指令 XNRW/双字异或非指令 XNRL 279

第 8 章 梯形图编辑软件使用方法 281

8.1 CX-Programmer 软件安装 281

8.2 CX-Programmer 软件离线编程方法 283

8.3 CX-Programmer 在线操作方法 300

参考文献 305

5.2.2 逻辑设计法 128

5.2.3 经验设计法 129

5.2.4 顺序控制设计法 132

5.2.5 步进顺控设计法 137

5.3 老化测试台控制系统任务书设计 141

5.3.1 初始程序设计 143

5.3.2 协议宏的创建 148

5.3.3 串行通信控制程序设计 158

5.3.4 温度检测量值采集程序设计 161

5.3.5 老化测试台控制系统程序设计 169

5.3.6 报警处理程序设计 179

5.3.7 新检测量值采集程序设计 181

5.3.8 上位机通信控制程序设计 192

5.3.9 上位机通信控制程序设计 192

5.3.10 上位机通信控制程序设计 192

5.3.11 上位机通信控制程序设计 192

5.3.12 上位机通信控制程序设计 192

5.3.13 上位机通信控制程序设计 192

5.3.14 上位机通信控制程序设计 192

5.3.15 上位机通信控制程序设计 192

5.3.16 上位机通信控制程序设计 192

5.3.17 上位机通信控制程序设计 192

5.3.18 上位机通信控制程序设计 192

5.3.19 上位机通信控制程序设计 192

5.3.20 上位机通信控制程序设计 192

5.3.21 上位机通信控制程序设计 192

5.3.22 上位机通信控制程序设计 192

5.3.23 上位机通信控制程序设计 192

5.3.24 上位机通信控制程序设计 192

5.3.25 上位机通信控制程序设计 192

5.3.26 上位机通信控制程序设计 192

5.3.27 上位机通信控制程序设计 192

5.3.28 上位机通信控制程序设计 192

5.3.29 上位机通信控制程序设计 192

5.3.30 上位机通信控制程序设计 192

5.3.31 上位机通信控制程序设计 192

5.3.32 上位机通信控制程序设计 192

5.3.33 上位机通信控制程序设计 192

5.3.34 上位机通信控制程序设计 192

5.3.35 上位机通信控制程序设计 192

5.3.36 上位机通信控制程序设计 192

5.3.37 上位机通信控制程序设计 192

5.3.38 上位机通信控制程序设计 192

5.3.39 上位机通信控制程序设计 192

5.3.40 上位机通信控制程序设计 192

5.3.41 上位机通信控制程序设计 192

5.3.42 上位机通信控制程序设计 192

5.3.43 上位机通信控制程序设计 192

5.3.44 上位机通信控制程序设计 192

5.3.45 上位机通信控制程序设计 192

5.3.46 上位机通信控制程序设计 192

5.3.47 上位机通信控制程序设计 192

5.3.48 上位机通信控制程序设计 192

5.3.49 上位机通信控制程序设计 192

5.3.50 上位机通信控制程序设计 192

5.3.51 上位机通信控制程序设计 192

5.3.52 上位机通信控制程序设计 192

5.3.53 上位机通信控制程序设计 192

5.3.54 上位机通信控制程序设计 192

5.3.55 上位机通信控制程序设计 192

5.3.56 上位机通信控制程序设计 192

5.3.57 上位机通信控制程序设计 192

5.3.58 上位机通信控制程序设计 192

5.3.59 上位机通信控制程序设计 192

5.3.60 上位机通信控制程序设计 192

5.3.61 上位机通信控制程序设计 192

5.3.62 上位机通信控制程序设计 192

5.3.63 上位机通信控制程序设计 192

5.3.64 上位机通信控制程序设计 192

5.3.65 上位机通信控制程序设计 192

5.3.66 上位机通信控制程序设计 192

5.3.67 上位机通信控制程序设计 192

5.3.68 上位机通信控制程序设计 192

5.3.69 上位机通信控制程序设计 192

5.3.70 上位机通信控制程序设计 192

5.3.71 上位机通信控制程序设计 192

5.3.72 上位机通信控制程序设计 192

5.3.73 上位机通信控制程序设计 192

5.3.74 上位机通信控制程序设计 192

5.3.75 上位机通信控制程序设计 192

5.3.76 上位机通信控制程序设计 192

5.3.77 上位机通信控制程序设计 192

5.3.78 上位机通信控制程序设计 192

5.3.79 上位机通信控制程序设计 192

5.3.80 上位机通信控制程序设计 192

5.3.81 上位机通信控制程序设计 192

5.3.82 上位机通信控制程序设计 192

5.3.83 上位机通信控制程序设计 192

5.3.84 上位机通信控制程序设计 192

5.3.85 上位机通信控制程序设计 192

5.3.86 上位机通信控制程序设计 192

5.3.87 上位机通信控制程序设计 192

5.3.88 上位机通信控制程序设计 192

5.3.89 上位机通信控制程序设计 192

5.3.90 上位机通信控制程序设计 192

5.3.91 上位机通信控制程序设计 192

5.3.92 上位机通信控制程序设计 192

5.3.93 上位机通信控制程序设计 192

5.3.94 上位机通信控制程序设计 192

5.3.95 上位机通信控制程序设计 192

5.3.96 上位机通信控制程序设计 192

5.3.97 上位机通信控制程序设计 192

5.3.98 上位机通信控制程序设计 192

5.3.99 上位机通信控制程序设计 192

5.3.100 上位机通信控制程序设计 192



第1章 可编程序控制器概述

03 [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，以及可编程序控制器应用系统的设计内容与步骤等，读者若能正确回答以下问题，则可以跳过本章直接学习第2章。

03 [问题]

- 什么是可编程序控制器？（参见 1.1.1 节）
- 为什么要引入可编程序控制器？（参见 1.1.2 节）
- 可编程序控制器具有哪些突出特点？（参见 1.2.1 节）
- 可编程序控制器的基本结构如何？主要厂家及其代表产品是什么？（参见 1.2.2 节、1.2.4 节）
- 可编程序控制器是如何工作的？（参见 1.3 节）
- 使用可编程序控制器设计工程项目的步骤及内容是什么？（参见 1.4 节）

1.1 可编程序控制器的基本概念

1.1.1 可编程序控制器的定义

可编程序控制器（以下简称 PLC）是计算机技术与继电器逻辑控制概念相结合的一种新型控制器，它是以微处理器为核心，用做数字控制的专用计算机。随着微电子技术、计算机技术的发展和数据通信技术的推进，PLC 已经逐渐发展成为功能完备的自动化系统，是当前先进工业自动化的三大支柱之一。

美国国际电工委员会（IEC）在 1987 年颁布的《可编程序控制器标准》第三版中对 PLC 做出如下定义：

“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，都应按照易于与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 可编程序控制器的发展历程与趋势

1. 可编程序控制器的发展历程

从 20 世纪 20 年代起，继电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



统是通过导线将各种继电器、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,这种继电接触器控制系统具有明显的缺点,即设备体积大,动作速度慢,功能单一,仅能做简单的控制;特别是采用硬连线逻辑,接线复杂,一旦生产工艺或对象变动,原有接线和控制盘(柜)就需要更换,所以这种系统的通用性和灵活性较差,不利于产品的更新换代。

20 世纪 60 年代末期,美国汽车制造业竞争激烈。1968 年,美国通用汽车公司提出了开发新型逻辑顺序控制装置以取代继电器控制盘的设想,为此发布了 10 个招标指标,其主要内容如下:

- ① 编程简单,可在现场修改程序。
- ② 维护方便,最好是插件式。
- ③ 可靠性高于继电器控制柜。
- ④ 体积小于继电器控制柜,能耗较低。
- ⑤ 可将数据直接上传到管理计算机,便于监视系统运行状态。
- ⑥ 在成本上可与继电器控制相竞争,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(美国电网电压为 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 项指标的核心是采用软布线,即以编程方式取代继电器控制的硬接线方式,这样在每次汽车改型或改变工艺流程时无须改动接线,从而降低成本,缩短新产品开发周期,实现大规模生产线的流程控制。

1969 年,美国数字设备公司(DEC)研制出世界上第一台可程序控制器(Programmable Logic Controller)PDP-14,在美国通用汽车装配线上试用,这种面向工业过程的控制装置一问世即获得了巨大成功。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四个阶段。

(1) 崛起阶段(从第一台 PLC 诞生到 20 世纪 70 年代中期)

首先在汽车工业获得大量应用,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),推动了可程序控制器技术的飞跃。这一阶段 PLC 主要用于逻辑运算、定时与计数运算,控制功能比较简单。因此该阶段的产品称为可程序逻辑控制器。

(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, 通信系统自成一派, 造成了不同厂家产品的互连较为困难。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, 可靠性也得到了进一步提高。

(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 得到较大的发展。主要表现为通信系统的开放, 使各制造厂商的 PLC 可以相互通信, 通信协议的标准化使用户得到实惠。在这一阶段, PLC 的规模增大, 功能不断完善, 大中型 PLC 多配 CRT 屏幕显示功能, 产品的扩展也因通信功能的改善而变得简便, 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和复杂化, 采用单一 PLC 已不能满足控制要求, 逐步被控制功能多样化的高级模块构建的 PLC 系统所取代。

2. PLC 应用领域与发展趋势

现代 PLC 应用综合了计算机技术、自动控制技术和网络通信技术, 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, 如传送带移载机、机器人、电梯等。

(3) 闭环过程控制

闭环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 通过模拟量输入/输出模块, 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 (简称 PID) 控制。现代的大中型 PLC 一般都配有 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，从而初显了小型集散控制系统（简称 DCS）的雏形。

2007 年中国 PLC 市场规模首次达到 50 亿人民币，台套数超过 131 万套。相对于 2006 年的 44.3 亿元的市场规模和 96 万套的数量，2007 年 PLC 市场在 OEM 的带动下延续了上一年良好的增长势头，增长幅度基本与上年持平，销售额增长率为 12.9%（摘自《2008 中国 PLC 市场研究报告》）。

由于 PLC 应用向智能化和网络化发展，且逐渐成为主流趋势，此类应用人员的需求尤为突出。因此，在 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列为首位。

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、32 位、64 位发展，晶振频率已可达到几百兆赫兹，从单 CPU 向多 CPU 的并行处理发展，提高了处理能力和响应速度及模块化程度。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。总之，由于硬件性能的提高，使 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。美国国际电工委员会（IEC）在制定 PLC 的编程语言时，认为主要的程序组织语言是顺序功能表。功能表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（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（简称 CIMS）、计算机集成生产系统（简称 CIPS）、机器人和柔性控制系统（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，各厂家推出了小型化、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 个模拟量输入点以及 2 个模拟量输出点，基本指令的平均执行时间为 0.1 微秒/条，高级指令的平均执行时间为 0.3 微秒/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，如模拟量模块、高速计数模块、通信接口模块等。当输入、输出点数增加时，可以根据过程控制的需求，采用灵活的组合方式进行配套，完成所需的控制功能。



1.2 可编程序控制器特点与基本结构

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,是由于它具有令通用计算机望尘莫及的特点。

1. 应用简便

(1) 应用灵活、安装简便

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、功能复杂的控制要求,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缩小其系统规模,组合成灵活的控制系统。由于其控制功能是通过软件实现的,因此,设计人员可以在未购置硬件设备前进行“软布线”工作,从而缩短了整个设计、生产、调试周期,研制经费相对减少了。

从硬件连接方面来看,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,一般在编程并模拟调试后,即可投入现场,很快就能安装调试成功并投产。

(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。为了简化编程工作,PLC 将编程工作主要集中于设计思想本身而不是如何实现设计思想,最新设计的 PLC 还针对具体问题设计了像步进顺控指令、流程图指令等指令系统,可以大大加快系统开发速度。

(3) 操作方便,维修容易

工程师编好的程序十分清晰直观,只要写好操作说明书,操作人员经短期培训就可以使用。另外,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的提示,使维修人员能及时、准确地判断故障点,迅速替换故障模块或插件,恢复生产。

2. 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,然后是设计合理的系统结构,简化安装,使它易于抗振动冲击。对印制电路板的设计、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,在输入/输出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,还加上了数字滤波;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很多特殊措施, 设置了监视定时器 WDT。系统运行时对 WDT 定时刷新, 一旦程序出现了死循环, 使之能立即跳出, 重新启动并发出报警信号。为了避免由于程序出错而导致的错误运行, 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。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, 保证了 PLC 的高可靠性。所以它的平均无故障时间 (MTBF) 为 4 万~5 万小时, 某些优秀品牌的产品更高达十几万小时以上。

3. 抗电磁干扰性能好, 环境适应性强

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 $< 90\%$) 下, 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, 可直接安装在工业现场, 不必采取另外的特殊措施。另外, 由于其结构精巧, 所以耐热、防潮、抗振等性能也很好。

4. 功能完善

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, 可以通过上位机进行显示、报警、记录、人机对话, 使控制水平大大提高。

5. 成熟的工控网络体系, 通信便捷, 易于远程实时监控

随着计算机网络通信技术的成熟发展, 以及工业控制实际的需要, 近年来工控网络通信技术得到了大量应用, 如石油、化工过程自动化控制, 铸造自动生产线的控制, 卷烟生产自动线的控制, 轿车生产自动线的控制, 污水处理厂的 control, 以及高速公路隧道的监控等。特别是近年来, PLC 网络通信技术得到了飞速的发展。现在, 世界上各大 PLC 厂家都在积极开发网络通信技术, 包括具有网络通信功能的新型可编程序控制器, 网络通信协议和新型网络。

对于 PLC 网络及工业控制局域网而言, 目前基本形成了设备层网络、控制层网络和信息层网络的三层网络体系结构。以欧姆龙公司的 PLC 通信网络为例, 图 1-1 是由 DeviceNet 网络、Controller Link 网络和 Ethernet 网络所组成的一个典型的三层工控网络的拓扑结构图。

(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。

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, 最初由美国 ROCKWELL 公司开发应用。目前, DeviceNet 网络技术属于 ODVA (开放 DeviceNet 厂商协会) 所有。

DeviceNet 网络是用于现场设备 (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。

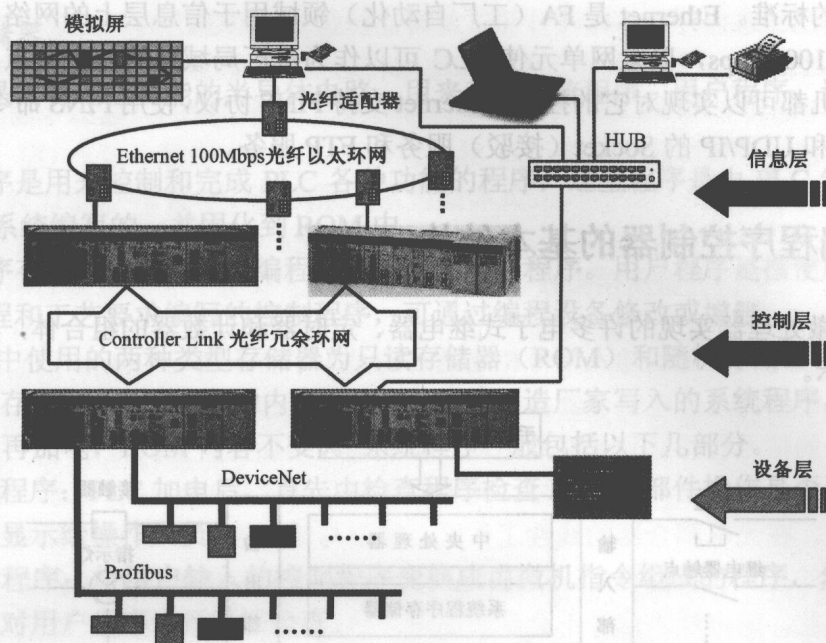


图 1-1 三层工控网络的拓扑结构图

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

(2) 控制层网络

控制层网络处于三层网络的中间层，它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 网络是欧姆龙公司将 SYSMAC Link 网络改进后推出的一种 FA (工厂自动化) 网络。这种网络可以实现 PLC 与 PLC 之间或者 PLC 与计算机之间的大容量、灵活高效的数据链接功能。Controller Link 网络也称控制器网络，通信速率高，距离长，既有线缆系统又有光缆系统。使用 Controller Link 支持软件，该网络可以对每一节点分别设定数据链接区域，能向每一节点自由地分配链接区域。每一节点发送区域的尺寸是任意的。更为特别的是，Controller Link 网络也可以只接收其他节点的发送区域的一部分数据。

Controller Link 网络采用令牌环的通信方式，所以它的数据传输速率非常快，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。目前，Controller Link 网络在污水处理厂的自动控制、高速公路隧道监控等系统中都得到了实际应用。

(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以太网 (Ethernet) 技术，这是一个开放的、全球公认的用



于信息层互联的标准。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，可达到 100 Mbps，以太网单元使 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 支持 FINS 协议，使用 FINS 命令可进行 FINS 通信、TCP/IP 和 UDP/IP 的 Socket（接驳）服务和 FTP 服务。

1.2.2 可编程序控制器的基本结构

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。

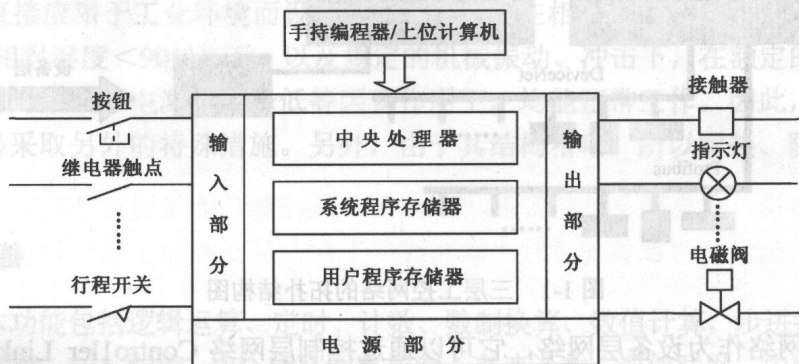


图 1-2 PLC 内部结构框图

1. 中央处理机

中央处理机是 PLC 的“大脑”，它由中央处理器（CPU）和存储器组成。

(1) CPU

CPU 一般是由控制电路、运算器和寄存器组成的，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、输入/输出（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，程序的指令即可以顺序执行，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只读存储器 (ROM) 和随机存储器 (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 displays 给操作人员。
- 翻译程序: 将用户输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”,将用户输入的程序送到 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,保持继电器的数量,内部辅助继电器的数量,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 CPU、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