

欧姆龙 CP1H PLC

应用基础与编程实践

霍 罡 樊晓兵 等编著



附光盘



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

TP332.3/112D

2008

欧姆龙 CP1H PLC 应用基础 与编程实践

霍 昱 樊晓兵 等编著

曹 辉 主审

机械工业出版社

本书以欧姆龙公司最新推出的 CPlH 可编程序控制器 (PLC) 为对象, 详细介绍了 CPlH 的硬件结构、性能指标和扩展方式; 指令系统、程序结构、编程软件 CX-Programmer 的使用方法; PLC 应用程序的常用设计方法及典型案例, 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总线等新技术的应用。

本书包含了 CPlH 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和例程。

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 CPl 系列的用户也有很大的参考价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

欧姆龙 CPlH PLC 应用基础与编程实践/霍罡等编著. —北京: 机械工业出版社, 2008. 1

ISBN 978 - 7 - 111 - 23088 - 5

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 (2007) 第 194746 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

责任印制: 李 妍

北京蓝海印刷有限公司印刷

2008 年 1 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm × 260mm · 22.5 印张 · 555 千字

0001—5000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 23088 - 5

: ISBN 978 - 7 - 89482 - 515 - 5 (光盘)

定价: 37.00 元 (含 1CD)

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379739

封面无防伪标均为盗版

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。

欧姆龙公司推出的最新小型机——CP1H 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 CP1H 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，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。

本书主要由霍罡编写，樊晓兵参编第 8、9 章，谢飞参编第 2 章，曹辉主审，霍罡负责全书的统稿。何英、周为、李志娟、马永华、张琪、葛明明、范娟、赵为洁、杨玉稚参加编写了工作。

由于编者水平有限，书中错漏之处恳请广大读者批评指正。

编 者

2007 年 7 月

目 录

前言

第 1 章 可编程序控制器基础	1
1.1 可编程序控制器的基本概念	1
1.2 可编程序控制器的特点与发展趋势	3
1.2.1 可编程序控制器的特点	3
1.2.2 可编程序控制器的发展趋势	6
1.3 可编程序控制器的基本结构与类型	7
1.3.1 可编程序控制器的基本结构	7
1.3.2 可编程序控制器的类型	9
1.4 可编程序控制器的工作原理与性能指标	10
1.4.1 可编程序控制器的工作原理	10
1.4.2 可编程序控制器的性能指标	17
1.5 习题	19
第 2 章 CP1H PLC 的硬件系统	21
2.1 CP1H PLC 的基本结构与系统特点	21
2.1.1 CP1H PLC 的基本结构	21
2.1.2 CP1H PLC 的系统特点	22
2.2 CPU 单元	23
2.2.1 CP1H 的 CPU 单元类型及其特点	23
2.2.2 CPU 单元的结构	25
2.3 CP1H PLC 的输入/输出单元	32
2.3.1 CP1H PLC 输入单元的用法	33
2.3.2 CP1H PLC 输入单元的工作原理	35
2.3.3 CP1H PLC 输出单元的用法	37
2.3.4 CP1H PLC 输出单元的工作原理	38
2.4 CP1H PLC 的模拟量输入/输出单元	41
2.4.1 CP1H PLC 的模拟量输入单元的功能	42
2.4.2 CP1H PLC 的模拟量输入单元的工作原理	43
2.4.3 CP1H PLC 的模拟量输出单元的功能	43
2.4.4 CP1H PLC 的模拟量输出单元的工作原理	45
2.5 CP1H PLC 的存储区分配	47
2.5.1 存储器概述	47
2.5.2 数据区域结构	48
2.5.3 CIO 区	50
2.5.4 内部辅助继电器区	54

2.5.5 保持继电器区	54
2.5.6 特殊辅助继电器区	55
2.5.7 暂时存储继电器区	55
2.5.8 定时器区	56
2.5.9 计数器区	57
2.5.10 数据存储器区	58
2.5.11 变址寄存器	59
2.5.12 数据寄存器	61
2.5.13 任务标志	62
2.5.14 状态标志	62
2.5.15 时钟脉冲	63
2.6 CP1H PLC 的 I/O 扩展单元	63
2.6.1 CPM1A 系列扩展单元	63
2.6.2 CJ 系列扩展单元	66
2.7 习题	68
第 3 章 CP1H PLC 的指令系统	69
3.1 PLC 的编程语言	69
3.2.1 顺序输入/输出指令	71
3.2.2 编程规则及技巧	79
3.3 定时计数类指令	82
3.3.1 定时器指令	82
3.3.2 计数器指令	84
3.3.3 定时器与计数器的典型应用	87
3.4 顺序控制指令	91
3.5 数据移位类指令	95
3.5.1 移位寄存器 SFT (010)	95
3.5.2 可逆移位寄存器 SFTR(084)/@SFTR(084)	96
3.5.3 算术左移指令 ASL(025) / 双字算术左移指令 ASLL(570)	97
3.5.4 算术右移指令 ASR(026) / 双字算术右移指令 ASRL(571)	98
3.5.5 循环左移指令 ROL(027) / 双字循环左移指令 ROLL(572)	98
3.5.6 循环右移指令 ROR(028) / 双字循环右移指令 RORL(573)	99
3.5.7 数 (4bit) 左移指令 SLD(074) / 数 (4bit) 右移指令 SRD(075)	99
3.5.8 字移位指令 WSFT(016)/@WSFT(016)	100
3.6 数据传送类指令	102
3.6.1 传送指令 MOV(021)/求反传送指令 MVN(022)	102
3.6.2 块传送指令 XFER(070)	103
3.6.3 块设置指令 BSET(071)	103
3.6.4 数据交换指令 XCHG(073)	104
3.6.5 位传送指令 MOVB(082)	104

3.6.6	数(4bit)传送指令 MOVD(083)	105
3.6.7	数据分配指令 DIST(080)	106
3.6.8	数据抽取指令 COLL(081)	107
3.7	数据比较类指令	108
3.7.1	无符号比较指令 CMP(020)	108
3.7.2	块比较指令 BCMP(068)	110
3.7.3	表比较指令 TCMP(085)	111
3.7.4	区域比较指令 ZCP(088)	112
3.7.5	符号比较类指令	113
3.7.6	时刻比较类指令	114
3.8	数据转换类指令	116
3.8.1	BCD→BIN 转换指令 BIN(023)	116
3.8.2	BIN→BCD 转换指令 BCD(024)	117
3.8.3	4→16/8→256 译码器 MLPX(076)	117
3.8.4	16→4/256→8 编码器 DMPX(077)	120
3.8.5	七段译码指令 SDEC(078)	122
3.8.6	ASCII 转换指令 ASC(086)	124
3.8.7	ASCII→HEX 转换 HEX(162)	126
3.9	递增/递减指令	128
3.9.1	BCD 码递增指令++B(594)/双字 BCD 码递增指令++BL(595)	128
3.9.2	BCD 码递减指令--B(596)/双字 BCD 码递减指令--BL(597)	129
3.9.3	二进制递增指令--(590)/双字二进制递增指令++L(591)	130
3.9.4	二进制递减指令--(592)/双字二进制递减指令--L(593)	130
3.10	四则运算类指令	131
3.10.1	置进位 STC(040)/清进位 CLC(041)	131
3.10.2	无 CY BCD 码加法指令+B(404)/带 CY BCD 码加法指令+BC(406)	132
3.10.3	无 CY BCD 码减法指令-B(414)/带 CY BCD 码减法指令-BC(416)	133
3.10.4	BCD 码乘法指令*B(424)/双字 BCD 码乘法指令*BL(425)	134
3.10.5	BCD 码除法指令/B(434)/双字 BCD 码除法指令/BL(435)	135
3.10.6	带符号无 CY BIN 加法指令+(400)/带符号 CY BIN 加法指令+C(402)	136
3.10.7	带符号无 CY BIN 减法指令-(410)/带符号 CY BIN 减法指令-C(412)	136
3.10.8	带符号 BIN 乘法指令*(420)/带符号双字 BIN 乘法指令*L(421)	137
3.10.9	带符号 BIN 除法指令/(430)/带符号双字 BIN 除法指令/L(431)	138
3.11	逻辑运算类指令	140
3.11.1	位取反指令 COM(029)/双字位取反指令 COML(614)	140
3.11.2	字逻辑与指令 ANDW(034)/双字逻辑与指令 ANDL(610)	140
3.11.3	字逻辑或指令 ORW(035)/双字逻辑或指令 ORWL(611)	141
3.11.4	字异或指令 XORW(036)/双字异或指令 XORL(612)	141
3.11.5	字异或非指令 XNRW(037)/双字异或非指令 XNRL(613)	142

3.12 数据控制类指令	143
3.12.1 PID 运算指令 PID(190)	143
3.12.2 限位指令 LMT(680)	146
3.12.3 标度指令 SCL(194)	147
3.12.4 标度 2 指令 SCL2(486)	149
3.12.5 标度 3 指令 SCL3(487)	150
3.12.6 平均值指令 AVG(195)	152
3.13 高速计数/脉冲输出指令	154
3.13.1 频率设定指令 SPED(885)	154
3.13.2 脉冲量设置指令 PULS(886)	155
3.13.3 动作模式控制指令 INI(880)	157
3.13.4 读取脉冲数指令 PRV(881)	158
3.13.5 比较表登录指令 CTBL(882)	160
3.14 习题	163
第 4 章 任务编程方法	169
4.1 任务编程概述	169
4.2 任务的使用方法	172
4.3 中断任务	178
4.3.1 CP1H 的中断功能	178
4.3.2 直接模式的输入中断	180
4.3.3 计数器模式的输入中断	182
4.3.4 定时中断	183
4.3.5 高速计数器中断	185
4.3.6 外部中断	188
4.4 习题	188
第 5 章 CP1H 编程软件的使用方法	190
5.1 CX-Programmer 的基本操作	190
5.1.1 梯形图离线编程	190
5.1.2 梯形图在线操作	206
5.2 功能块的基本操作	214
5.2.1 功能块概述	214
5.2.2 创建新功能块的定义	214
5.2.3 功能块的调用	225
5.2.4 功能块的在线监视	230
5.3 习题	232
第 6 章 可编程序控制器应用程序设计	234
6.1 可编程序控制器的系统设计	234
6.1.1 可编程序控制器的系统设计思想	234
6.1.2 可编程序控制器的系统设计原则	234

6.1.3	可编程序控制器的系统设计内容	235
6.1.4	可编程序控制器的系统设计步骤	235
6.2	可编程序控制器应用系统的硬件设计	238
6.2.1	可编程序控制器的选型	239
6.2.2	可编程序控制器的容量估算	240
6.2.3	I/O 单元的选型	241
6.2.4	安全回路设计	243
6.3	可编程序控制器应用系统的软件设计	243
6.3.1	可编程序控制器应用系统的软件设计内容	244
6.3.2	可编程序控制器应用系统的软件设计步骤	244
6.4	可编程序控制器的一般设计方法	246
6.4.1	继电器控制电路/梯形图转换设计法	246
6.4.2	经验设计法	247
6.4.3	逻辑设计法	249
6.4.4	顺序功能图设计法	250
6.4.5	步进顺控设计法	253
第 7 章	可编程序控制器的应用举例	259
7.1	三相异步电动机的 Y- Δ 减压起动控制	259
7.1.1	系统配置	259
7.1.2	Y- Δ 减压起动 PLC 控制程序设计	260
7.1.3	编程要点	261
7.1.4	逻辑法编程	261
7.2	三人抢答器控制	262
7.2.1	控制要求	262
7.2.2	系统配置	263
7.2.3	抢答器 PLC 控制程序设计	263
7.2.4	编程要点	265
7.3	十字路口交通信号灯控制	265
7.3.1	控制要求	265
7.3.2	系统配置	266
7.3.3	交通信号灯 PLC 控制程序设计	267
7.3.4	编程要点	269
7.4	物料混合流程控制	271
7.4.1	控制要求	272
7.4.2	系统配置	272
7.4.3	混合过程 PLC 控制程序设计	273
7.4.4	编程要点	279
7.5	顺序加热与报警控制	280
7.5.1	控制要求	280

7.5.2 系统配置	281
7.5.3 顺序加热 PLC 控制程序设计	282
7.5.4 编程要点	289
7.6 串行通信总线控制	289
7.6.1 控制要求与系统配置	289
7.6.2 通信协议宏组态	290
7.6.3 串行通信 PLC 控制程序设计	293
7.6.4 编程要点	294
第 8 章 基于 PLC 的空调控制系统设计	297
8.1 PLC 回路控制方案概述	297
8.2 空调系统流程及控制要求	299
8.3 控制系统配置及 I/O 分配	301
8.3.1 硬件配置	301
8.3.2 I/O 表及内存表	302
8.4 CPM1A 模拟量输入/输出单元	303
8.4.1 CPM1A 模拟量输入单元	303
8.4.2 CPM1A 模拟量输出单元	306
8.5 控制系统软件设计	308
8.5.1 控制系统软件设计流程	308
8.5.2 模拟量单元的软件设置	309
8.5.3 量程换算	311
8.5.4 PID 算法编程	313
第 9 章 基于 PLC 的六轴机械手控制系统设计	317
9.1 六轴示教机械手系统概述	317
9.1.1 工业机器人的概述	317
9.1.2 六轴机械手系统	318
9.1.3 步进电动机及驱动器概述	319
9.2 六轴机械手控制系统及 I/O 分配	321
9.2.1 控制系统设计	321
9.2.2 CPM1H PLC 链接通信	323
9.2.3 I/O 表及内存表	327
9.3 控制系统软件设计	329
9.3.1 控制系统软件设计流程	329
9.3.2 主 PLC 示教操作的程序设计	331
9.3.3 主 PLC 自动复现示教过程的程序设计	340
参考文献	349

第1章 可编程序控制器基础

可编程序控制器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，用作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，可编程序控制器已经逐渐发展成为功能完备的自动化系统。

1.1 可编程序控制器的基本概念

从 20 世纪 20 年代起，人们用导线把各种继电器、定时器、接触器及其触点按一定的逻辑关系连接起来组成控制系统，控制各种生产机械，这就是我们所熟悉的传统的继电接触器控制。由于它结构简单易懂，使用方便，价格低廉，在一定的范围内能满足控制要求，因此在工业控制领域中得到了广泛应用，并一度占据主导地位。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时，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，由于小型计算机的出现和大规模生产以及多机群控技术的发展，人们曾试图用小型计算机实现工业控制的要求，但由于价格高、输入/输出电路不匹配，以及编程技术复杂等因素导致小型计算机未能得到推广。

20 世纪 60 年代末期，美国汽车制造业竞争激烈，如果在每次汽车改型或改变工艺流程时不改动原有继电器柜内的接线，就可以降低成本，缩短新产品的开发周期。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控制盘的设想，为此发布了 10 项招标指标，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 115V 电压信号（美国电网电压 110V）。
- 8) 输出的驱动信号为交流 115V、2A 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 4KB 以上（适应当时汽车装配过程的要求）。

以上 10 项指标的核心要求是采用软布线（编程）方式取代继电器控制的硬接线方式，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 PLC——PDP-14，在美国通用汽车装配线上试用，这是工业控制装置中少数几种完全按照用户要求而开发的产品，它一

问世即获得了巨大成功。此后，这项新技术得到迅速推广，美国的 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，很快研制出了其第一台 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。

可编程序控制器（Programmable Controller）是以微处理器或单片机为核心的一种工业控制专用微机，国外文献简称为 PC。但是，在国内 PC 通常指的是个人计算机（Personal Computer），因此国内目前仍沿用 PLC（Programmable Logic Controller）的旧称。本书也将使用 PLC 的简称。

美国国际电工委员会（IEC）在 1987 年颁布《可编程序控制器标准》（第 3 版）中对可编程序控制器作出如下定义：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。

纵观 PLC 控制功能的拓展，其历程大致经历了以下 4 个阶段。

第一阶段，从第一台 PLC 诞生到 20 世纪 70 年代中期，是 PLC 的崛起阶段。PLC 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 CPU，推动了 PLC 技术的飞跃。这一阶段的产品主要用于逻辑运算和定时、计数运算，控制功能比较简单。

第二阶段，从 20 世纪 70 年代中期到 70 年代末期，是 PLC 的成熟阶段。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。这一阶段产品的功能扩展到数据传送，比较和运算，模拟量运算等。

第三阶段，从 20 世纪 70 年代末期到 80 年代中期，是 PLC 的通信阶段。由于计算机通信技术的发展，PLC 也在通信方面有了较大的提高，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。

第四阶段，从 20 世纪 80 年代中期至今，是 PLC 由单机控制向系统化控制的加速发展阶段。尤其进入 21 世纪，由于控制对象的日益多样性和复杂性，采用单一的 PLC 已不能满足控制要求，因此出现了配备 A/D、D/A 单元，触摸屏，高速计数单元，温控单元，位控单元，通信单元，主机链接单元等不同功能的特殊模块构成了功能强大的 PLC 系统，而且不同系统间可以实现网际联控，并与上位管理机进行数据交换。

在国际知名 PLC 制造商中，具有代表性的公司有日本的 OMRON（欧姆龙）公司、MITSUBISHI（三菱）公司，德国的 SIEMENS（西门子）公司，法国的 SCHNEIDER（施耐德）公司，以及美国的 ALLEN-BRADLEY（AB）公司等，这些公司的销售额约占全球 PLC 总销售额的三分之二。它们不断开发新的 PLC 产品系列并配备了符合国际现场总线标准的通信接口，实现不同系统的互连或与局部网络连成整体分布系统。这一阶段的产品规模不断增大，功能不断完善，大中型的产品多数有 CRT 屏幕的显示功能，产品的扩展也因通信功能的改善而变得方便。

在软件方面，由于采用了标准的软件系统，不断向上发展与计算机系统兼容，增加了高级编程语言。技术上具有代表性的突破是推出了将 PLC 功能集成在一个芯片上（PLC-on-a-chip）的产品；从系统体系结构上，则是为实现 EIC（电气、仪表、计算机）一体化综合控制系统打开了局面，其代表产品有欧姆龙公司的 CS1 系列，西门子公司的 SYMATIC S5 和 S7 系列，AB 公司的 PLC-5 等。

1.2 可编程序控制器的特点与发展趋势

1.2.1 可编程序控制器的特点

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、功能繁杂的控制要求，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删减其系统规模，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到了设计思想的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步进顺控指令、流程图指令等指令系统，大大加快了系统开发速度。

（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，再者是合理的系统结构，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很多特殊措施，设置了警戒时钟 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) 超过 4~5 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，产品在相当宽的环境温度 (0~55℃ 或 0~60℃)、湿度 (相对湿度 < 90%)，规定的机械振动、冲击以及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、抗震等性能也很好。

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、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，以及工业控制的实际需要，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、卷烟自动生产线、轿车自动生产线控制，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 PLC，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、ControllerLink 网络和 Ethernet 网络组成的一个典型的三层网络的拓扑结构图。

(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。

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，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) 所有及推广。

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。

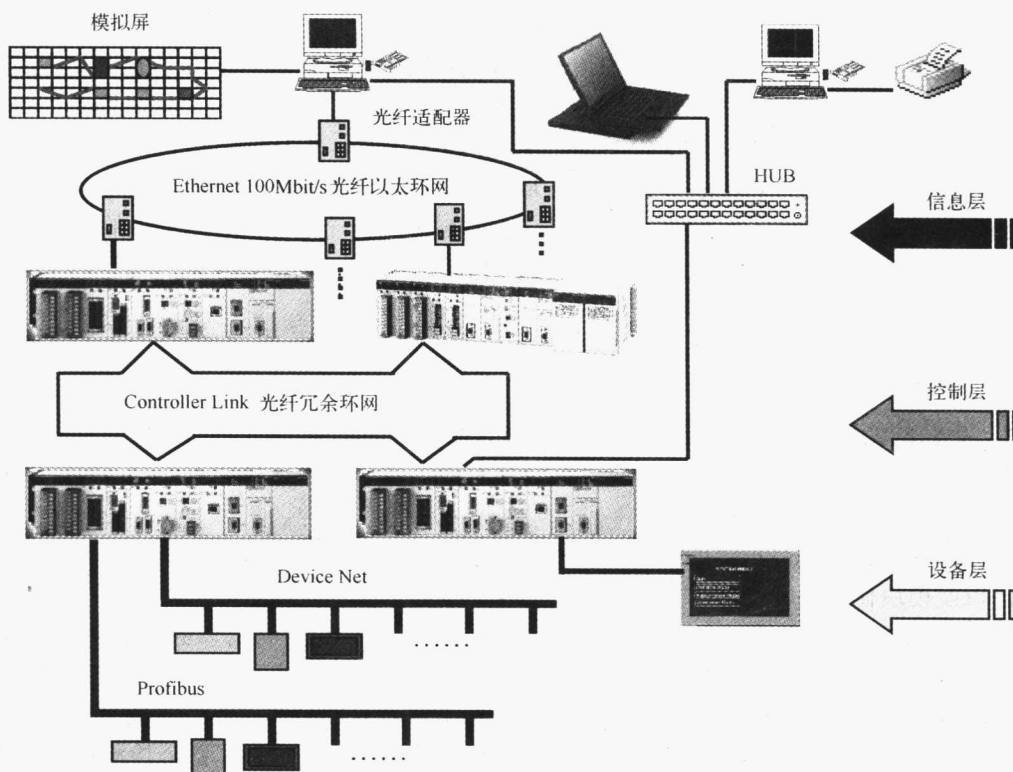


图 1-1 三层网络拓扑结构图

DeviceNet 网络作为设备层网络，它可以通过控制器层网络 ControllerLink 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（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传输与控制。具有代表性的控制层网络主要有日本欧姆龙公司开发的 ControllerLink 网络和美国 ROCKWELL 公司开发的 ControlNet 网络等。

ControllerLink 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。ControllerLink 网络也称控制器网络，其特点是通信速率快，距离长，既有线缆系统又有光缆系统。使用 ControllerLink 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 ControllerLink 网络也可以只接收其他节点的发送区域的一部分数据。

ControllerLink 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 2Mbit/s；当通信电缆采用双绞线时，最大传输距离为 1km，而采用光纤电缆时，最大传输距离为 30km（带中继器）。另外，ControllerLink 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，ControllerLink 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连的标准。Ethernet 是 FA 领域用于信息层上的网络, 它的通信速率高, 可达到 100Mbit/s, 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 网络支持 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 可编程序控制器的发展趋势

1. 更快的处理速度, 多 CPU 结构和容错系统

大型和超大型 PLC 正在向大容量和高速化发展, 趋向采用计算能力更大, 时钟频率更高的 CPU 芯片。

采用多 CPU 能提高机器的可靠性, 增加系统在技术上的生命力, 提高处理能力和响应速度, 以及模块化程度。

多 CPU 技术的一个重要应用是容错系统, 近年来有些公司研制了三重全冗余 PLC 系统或双机热备用系统。采用热备用系统是否经济, 取决于实际的需求和价格。而大多数用户只需要及时诊断, 及时更换故障器件。为了及时诊断故障, 有的公司研制了智能、可编程 I/O 系统, 供用户了解 I/O 组件状态和监测系统的故障, 也有的公司研制了故障检测程序, 还发展了公共回路远距离诊断和网络诊断技术等。

2. PLC 具有计算机功能, 编程语言与工具日趋标准化和高级化

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 能迅速推广的一个重要因素。然而它在处理较复杂的运算、通信和打印报表等功能时效率低、灵活性差, 尤其用于通信时显得笨拙, 所以在原梯形图编程语言的基础上加入了高级语言, 例如 BASIC、PASCAL、C、FORTRAN 等。

3. 强化 PLC 的连网通信能力

近年来, 加强 PLC 的连网能力成为 PLC 的发展趋势。PLC 的连网可分为两类: 一类是 PLC 之间的连网通信, 各制造厂家都有自己的数据通道; 另一类是 PLC 与计算机之间的连网通信, 一般都由各制造厂家制造专门的接口组件。MAP 是制造自动化的通信协议 (Manufacturing Automation Protocol), 它是一种七层模拟式、宽频带、以令牌总线为基础的通信标准。现在越来越多的公司宣布与 MAP 兼容。PLC 与计算机之间的连网能进一步实现全工厂的自动化, 实现计算机辅助制造 (CAM) 和计算机辅助设计 (CAD)。

4. 记忆容量增大, 采用专用的集成电路, 适用性增强

记忆容量过去最大为 64KB, 现在已增加到 500KB 以上。记忆的芯片过去主要是 RAM、EPROM, 现在有 E²PROM、UVEPROM、BATRAM、NVRWM 等, 对 ROM 片可以涂改, 对 RAM 片可以断电时维持住记忆的信息。

5. 向小型化、高机能的整体型发展

在提高系统可靠性的基础上, 产品的体积越来越小, 功能越来越强。欧姆龙公司推出的

CP1H PLC 的体积约为 $150\text{mm} \times 90\text{mm} \times 85\text{mm}$ ，内置 40 个开关量 I/O 点，4 个模拟量输入点以及 2 个输出量输出点，基本指令的执行时间为 $0.1\mu\text{s}$ ，特殊指令的执行时间为 $0.3\mu\text{s}$ 。同时，PLC 的制造厂商也开发了多种类型的高机能模块型产品，当输入输出点数增加时，可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。

1.3 可编程序控制器的基本结构与类型

1.3.1 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。

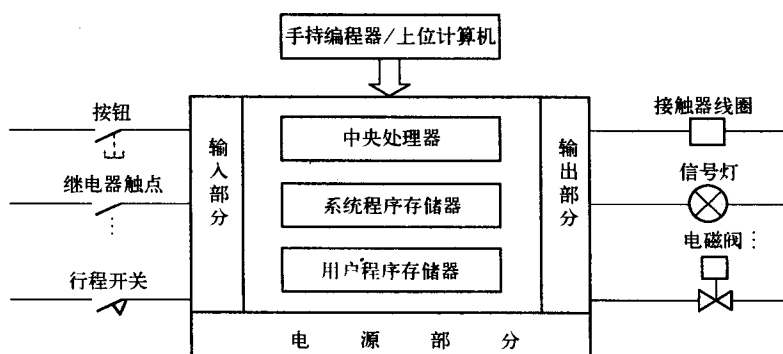


图 1-2 PLC 结构框图

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）

中央处理器一般是由控制电路、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、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。