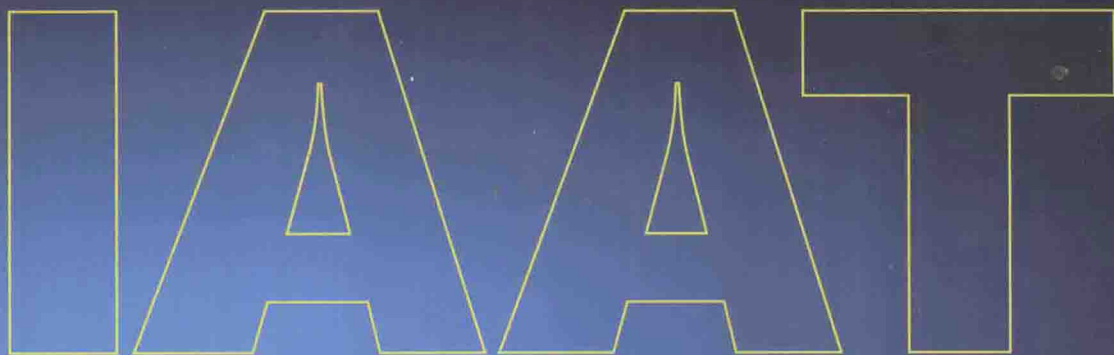




全国工业自动化人才认证培训项目

gongkong IAAT

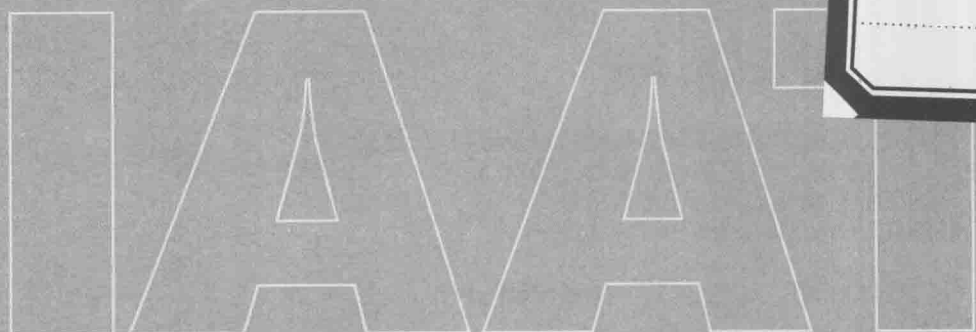
欧姆龙 NJ 系列 自动化控制器 基础知识及应用

赵贤林 主编

*Industry Automation
Accreditation Training*



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



全国工业自动化人才认证培训项目

gongkong IAAT

欧姆龙 NJ 系列 自动化控制器 基础知识及应用

赵贤林 © 主编

*Industry Automation
Accr Training*

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

欧姆龙NJ系列自动化控制器基础知识及应用 / 赵贤林主编. — 北京: 人民邮电出版社, 2014. 5
全国工业自动化人才认证培训项目
ISBN 978-7-115-33388-9

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第279903号

内 容 提 要

本书是一本学习欧姆龙 NJ 系列自动化控制器基础知识及应用技术的使用书籍, 遵循“先入门, 再提高”的学习原则, 主要讲解 NJ 系列自动化控制器硬件结构, 应用中必须掌握的软件(用户软件)设计技术以及应用程序设计的实现技术, 让读者在学完本书后, 顺利地跨入欧姆龙 NJ 控制器应用技术的大门, 掌握 NJ 系列自动化控制器应用的基本技术。

本书重点介绍了 NJ 系列自动化控制器的梯形图语言以及 ST 语句, 并通过实例说明相关语法的功能及功能块的使用, 使读者更加快速的掌握 NJ 控制器的使用。

本书既可以作为高职机电一体化专业, 工业自动化专业, 电气专业及其他相关专业的教学用书, 也可以作为工程技术人员的自学用书, 还可以供高等院校相关专业师生作为参考用书。同时本书是教育部管理信息中心全国工业自动化人才认证培训(IAAT)项目指定教学用书。

◆ 主 编 赵贤林

责任编辑 王亚娜

执行编辑 刘 佳

责任印制 张佳莹 杨林杰

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

中国铁道出版社印刷厂印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 10.5

字数: 264 千字

2014 年 5 月第 1 版

2014 年 5 月北京第 1 次印刷

定价: 39.80 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

自从 1969 年,美国数字设备公司研制出了第一台可编程控制器 PDP-14,在美国通用汽车公司的生产线上试用成功,PLC 就逐渐进入了我们的生活。可编程序控制器是一种以计算机(微处理器)为核心的通用工业控制装置,目前已被广泛地应用于工业生产的各个领域。早期的可编程序控制器只能进行开关量的逻辑控制,被称为可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)。现代可编程序控制器采用微处理器(Microprocessor)作为中央处理单元,其功能大大增强,不仅具有逻辑控制功能,还具有算术、模拟量处理和通信联网等功能。

OMRON 公司是世界著名的几大 PLC 生产与开发公司之一,早在 20 世纪 70 年代初就开始开发并生产 PLC,是其他生产 PLC 公司的先驱。OMRON 的各种大、中、小、微型机各具特色各有所长,在中国市场的占有率位居前列,特别是它的小型机及微型机,在中国市场占有率很高,在简单控制设备之中使用非常广泛并在用户中享有很高的声誉。近年来,PLC 技术的发展异常迅猛。以 OMRON 公司为例,20 世纪 90 年代后期扩充了 P 型机的系列产品的同时也随之发布了 CPM1A、CPM2A。2000 年发布了 CP1 系列产品,为了进一步丰富中型机的商品群还发布了 CJ、CS 等系列产品。NJ 系列自动化控制器是 OMRON 公司最新开发的机器自动化控制器机型,搭载了最新的高速微处理器(MPU),具有高速、高效、高稳定性等特性,且打破过去 PLC 的内存分配制度,采用共用内存,在 PLC 领域中做到了改革与创新。

现在中国制造业面临着劳动力人口减少、人工费增加、商品需求高度化等课题,今后在节省人力资源、品质均一化等自动化方面会发展更为迅速。从迄今为止在中国制造业中占大比例的简单的控制设备到高附加价值,高速、高精度的生产设备转型是必然趋势。作为机械控制核心的控制器必然要达到更高一层的性能。

本书介绍的 NJ 系列产品是以“创造最高端生产机械”为目标所开发的新一代设备自动化控制器。搭载了最新的高速微处理器(MPU),融合了欧姆龙在制造现场所掌握的丰富的知识与经验,实现了高稳定性与超高速、高性能并存。另外,控制器的软件构造也符合国际标准(IEC61131-3),可根据机械本身的机能来选择最为合适的编程语言。这种结构设计可以完全应对各种变量,使软件的再利用变得更为容易,使设计人员的开发效率实现飞跃性的提高。通过位置控制单元与 CPU 单元统合,并且搭载 EtherCAT 通信使高速、高精度的运动控制得以简单实现。专用的支持软件(Sysmac Studio)也统合了机械控制的必要机能,还拥有数据跟踪及 3D 仿真等强大功能,在没有实际机械的情况下也可实现事前动作检查及远程技术支持。

本书分三部分,共 8 章、1 个附录。

第一部分:通用 PLC 和 NJ 系列自动化控制器的硬件知识。

本部分为绪论部分。在绪论中介绍了通用 PLC 的硬件结构、工作原理及使用方法等有关知识,同时也介绍了 OMRON 公司生产的 NJ 系列自动化控制器的基本硬件结构,重点是了解 NJ 系列自

自动化控制器的基本构造和工作原理。

第二部分：软件的使用。

第2章到第7章是本书的核心部分，着重介绍了 NJ 系列自动化控制器的基本指令以及编程软件 Sysmac Studio 的使用方法。第2章介绍 Sysmac Studio 的使用方法，机架的配置、伺服的添加、变量的登入等。第3章到第5章讲述了 Sysmac Studio 中的指令部分，包括逻辑指令、功能指令和数组指令的定义及使用方法。第6章首先介绍了一些工业通信网络基础知识，然后着重介绍了 OMRON NJ 系列自动化控制器的通信网络及其配置方法。第7章全面介绍 NJ 系列自动化控制器的运动控制方法，通过对指令的综合应用实现对轴的运动控制。

第三部分：算法设计和应用举例。

这部分主要介绍了 NJ 系列自动化控制器的一些基本的算法实例，通过一些工业例子的介绍和分析，使得学习者能更好地理解和综合运用各类算法指令。

本书在教学使用过程中，可根据专业需要，适当进行删减，有些内容和应用实例适宜学生自学或在进行课程设计、毕业设计时参考。

致谢：

本书由赵贤林主编，编委为胡姗姗、李晓林、董旭斌、戴存礼等，参加编写的还有张正飞、张阳、张杭等。全书由赵贤林统稿、定稿。本书的编写和出版得到了上海欧姆龙自动化（中国）有限公司金颖、张杰、教育部教育管理信息中心 IAAT 项目胡姗姗等工程师的大力支持。

本书由东南大学费树岷教授审稿，他提出了许多有益的建议和意见，上海欧姆龙自动化（中国）有限公司提供了不少应用资料，在此表示衷心的感谢。在编写本书的过程中，参阅了部分兄弟院校老师编写出版的教材中的内容和材料，对原作者也一并致谢。

由于编者水平有限和时间仓促，书中不足和疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2013年8月

第 1 章 绪论 1

1.1 可编程序控制器概念 1

1.1.1 PLC 的定义 1

1.1.2 PLC 的特点 2

1.1.3 PLC 的组成 3

1.1.4 PLC 的编辑语言 7

1.1.5 PLC 的工作方式 8

1.1.6 PLC 的主要性能指标 10

1.1.7 PLC 国际标准 (IEC61131-3) 11

1.1.8 NJ 系列自动化控制器 与 PLCopen 12

1.2 NJ 机器自动化控制器系统 13

1.2.1 NJ 机器自动化控制器 整体结构 13

1.2.2 电源 13

1.2.3 扩展单元 13

1.2.4 通信协议 14

1.2.5 编程软件 16

1.2.6 集成的测试环境 16

第 2 章 NJ501 自动化控制器 系统编程 17

2.1 NJ 系列自动化控制器 501 操作 软件 Sysmac Studio 17

2.1.1 Sysmac Studio 的概述 17

2.1.2 Sysmac Studio 的启动 17

2.1.3 CPU 扩展机架设置 19

2.1.4 控制器的设置 20

2.1.5 EtherCAT 的设定 21

2.1.6 I/O 映射表的设定 22

2.2 数据类型 23

2.2.1 NJ 系列自动化控制器能处理的 数据类型 24

2.2.2 数组数据类型 24

2.2.3 衍生数据类型 24

2.3 变量 26

2.3.1 变量的定义 26

2.3.2 变量的类型 26

2.3.3 登录的变量 28

2.3.4 数组变量的登录 29

2.4 程序的组建与使用 29

2.4.1 程序模块 29

2.4.2 程序的组成 29

2.4.3 程序的执行顺序 29

2.4.4 程序模块的显示和创建 30

2.4.5 程序的编辑 31

2.5 功能块与功能的概述 31

2.5.1 功能块 FB 32

2.5.2 功能 FUN 33

2.5.3 功能块与功能的区别 35

2.6 任务概述与设定 35

2.6.1 任务功能的特点 35

2.6.2 任务执行的优先级 36

2.6.3 周期任务 I/O 刷新 38

2.6.4 系统服务 39

2.7 程序的检测与模拟运行 40

2.7.1 程序的检测 40

2.7.2 数据跟踪的使用 42

2.7.3 监视窗口 43

2.7.4 仿真功能 44

2.7.5 调试功能 45

2.7.6 动作时间的仿真	45	4.6.1 选择指令介绍	71
第 3 章 NJ 系列自动化控制器		4.6.2 选择指令的运用	73
逻辑指令	46	4.7 文本字符串指令	73
3.1 基本指令及编程	46	4.7.1 文本字符串指令介绍	73
3.1.1 基本指令	46	4.7.2 文本字符串指令的运用	74
3.1.2 块与 AND 和块或 OR 指令	48	4.8 时间与日期设定指令	75
3.2 逻辑编程	49	4.8.1 时间与日期基础指令介绍	75
3.2.1 梯级基本指令的描述方法	49	4.8.2 时间数据类型转换指令	76
3.2.2 基本编程方法	50	4.8.3 时间获取指令	77
3.2.3 比较指令的应用	50	4.9 仿真指令	79
3.2.4 逻辑运算指令	53	4.9.1 仿真指令介绍	79
3.3 定时器指令	55	4.9.2 仿真指令的运用	80
3.3.1 定时器简介	55	4.10 顺序指令	81
3.3.2 定时器指令	55	4.10.1 顺序控制指令	81
3.4 计数器	56	4.10.2 顺序输入 (边沿脉冲指令)	83
3.4.1 计数器简介	56	4.10.3 顺序输出	85
3.4.2 计数器指令	57	第 5 章 数组	88
第 4 章 NJ 系列自动化控制器		5.1 数组的简介	88
功能指令	60	5.2 数组指令	89
4.1 传送指令	60	5.2.1 数组基础指令	89
4.1.1 传送指令介绍	60	5.2.2 数组比较指令	90
4.1.2 传送指令的运用	61	5.2.3 数组移位指令	92
4.2 类型转换指令	62	5.2.4 数组选择指令	94
4.2.1 类型转换指令介绍	62	5.2.5 数组转换指令	95
4.2.2 类型转换指令的运用	63	5.2.6 数组逻辑运算指令	96
4.3 移位指令	63	第 6 章 NJ 系列自动化控制器网络	
4.3.1 移位指令介绍	63	通信技术及应用	98
4.3.2 移位指令的运用	64	6.1 NJ 系列自动化控制器 501 的工业	
4.4 运算指令	65	以太网 EtherNet/IP	98
4.4.1 基础运算指令	65	6.1.1 EtherNet/IP 概述	98
4.4.2 三角函数和反三角函数		6.1.2 NJ 系列自动化控制器 501 的	
运算指令	66	IP 配置	98
4.4.3 数学高级运算指令	67	6.2 CPU 的 EtherNet/IP 通信	99
4.5 BCD 转换指令	70	6.2.1 内置 EtherNet/IP 口	99
4.5.1 BCD 转换指令介绍	70	6.2.2 EtherNet/IP 的内部处理	99
4.5.2 BCD 转换指令的运用	71	6.3 标签数据连接	100
4.6 选择指令	71	6.3.1 数据传递	100

6.3.2	标签与标签组	100
6.3.3	连接方式	101
6.3.4	注意事项	101
6.3.5	系统定义变量	103
6.4	CIP 报文分组信息通信	104
6.4.1	CIP 报文分组信息通信概述	104
6.4.2	传输路由途径	104
6.4.3	CIP 通信指令	105
6.4.4	信息错误与校正	106
6.4.5	与 CJ 系列 CPU 的 EtherNet/IP 通信	106
6.5	其他通信服务功能	107
6.5.1	Socket 服务	107
6.5.2	FTP 服务	107
6.5.3	NTP 服务	108
6.5.4	SNMP 服务	108
6.5.5	FINS 服务	109
6.5.6	BOOTP 客户端	110
6.5.7	HOST (主机) 名指定	111
6.6	NJ 系列自动化控制器 501 的工业 网络系统 EtherCAT	111
6.6.1	EtherCAT 机制	111
6.6.2	EtherCAT 协议	112
6.6.3	通信类型	112
6.6.4	PDO 映射	113
6.6.5	时钟同步功能	115
6.6.6	EtherCAT 通信的控制状态	116
6.6.7	拓扑结构	116
6.6.8	通信建立所需文件	118
6.7	NJ 系列自动化控制器 内置 EtherCAT 通信	118
6.7.1	CPU 单元 (内置 EtherCAT) 的显示	118
6.7.2	通信周期与 I/O 刷新的关系	119
6.7.3	SDO 通信动作周期	120
6.7.4	通过用户程序访问从站	121
6.7.5	登记网络构成信息	122
6.7.6	从站的使能和禁用	123
6.7.7	监视包 (Packets) 功能	123

6.7.8	与第三方设备从站连接	123
6.8	EtherCAT 的单元设置	124
6.8.1	系统配置和配线	124
6.8.2	硬件设定	125
6.8.3	软件 (主从站) 设定	125
6.9	报错的应对	128
6.9.1	报错的种类	128
6.9.2	报错发生时的应对	129
6.9.3	清除报错	130

第 7 章 NJ 系列自动化控制器运动技术 控制

7.1	运动控制基础	131
7.1.1	运动控制概述	131
7.1.2	轴的概述	132
7.1.3	轴的建立	132
7.1.4	轴参数的设定	133
7.1.5	轴的试运行	133
7.2	运动控制程序的书写与应用	134
7.2.1	运动任务的设置	135
7.2.2	轴状态	135
7.3	功能块 (FB) 的类型	136
7.3.1	Execute 型 FB	136
7.3.2	Enable 型 FB	137
7.4	运动控制功能指令介绍	137
7.4.1	轴指令介绍	137
7.4.2	MC_Power 指令	138
7.4.3	MC_Home 指令	139
7.4.4	MC_Move 指令	140
7.4.5	MC_Stop 指令	142
7.5	运动控制模式介绍	143
7.5.1	中断模式	143
7.5.2	待机模式	143
7.5.3	混合模式	144

第 8 章 NJ 系列自动化控制器程序的 简单设计法及应用举例

8.1	NJ 系列自动化控制器程序设计	145
8.1.1	NJ 系列自动化控制器程序的 简单设计法	145

8.1.2 简单逻辑控制设计	145
8.2 应用举例	146
附录	152

实验：数据标签链接通信	152
-------------------	-----

主要参考文献	159
--------------	-----

1.1

可编程序控制器概念

1.1.1 PLC 的定义

可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 是一种用于自动化实时控制的数位逻辑控制器, 广泛应用于目前的工业控制领域。在可编程逻辑控制器出现之前, 一般要使用成百上千的继电器以及计数器才能组成具有相同功能的自动化系统, 而现在, 简单的可编程逻辑控制器模块基本上已经取代了这些大型装置。可编程逻辑控制器的系统程序一般在出厂前已经初始化完毕, 用户可以根据实际需要自行编辑相应的程序来满足不同的自动化生产要求。

1987 年 2 月, 国际电工委员会 (International Electrotechnical Commission, IEC) 发布了可编程序控制器的标准草案的第三稿, 其中对 PLC 的定义如下: 可编程序控制器是一种数字运算操作电子系统, 专为在工业环境下的应用而设计。它采用可编程的存储器, 使用逻辑运算、顺序控制、定时计数和算术运算等数字操作指令, 并通过数字或者模拟式的输入、输出接口, 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而设计。

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数是继电器控制系统, 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, 从而开辟了可编程逻辑控制的年代。1971 年, 日本引进了这项技术, 很快就研制出日本第一台 PLC。1973 年, 原西德和法国也研制出自己的 PLC。20 世纪 70 年代中期, 欧美及日本的 PLC 产品多以微处理器及大规模集成电路芯片为核心部件, 使 PLC 的功能进一步扩展, 不仅使得 PLC 可以进行自我诊断, 也使得 PLC 的可靠性得到了进一步的提高。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, 成本大幅度降低。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, 各种智能化的模块也不断地被开发出来, 一些厂家还推出了 PLC 的计算机辅助编程软件。许多小型的 PLC 的性能也不可小觑。

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、通信联网及集散等方面都得到了广泛应用。如今大、中型, 甚至是小型的 PLC 都配有 A/D

与 D/A 转换及运算的功能,有的还具有 PID 控制功能,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 具有输出和接收高脉冲的功能,配合相应的传感器及伺服装置,实现了数字量的智能控制;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可靠依据,通过利用 PLC 的自检信号可实现系统监控;PLC 具有较强的通信功能,可与计算机或其他的智能装置进行通信和联网,从而能方便地实现集散控制。功能完备的 PLC 不仅能满足控制要求,而且能满足现代化大生产管理的需求。

1.1.2 PLC 的特点

PLC 作为一种专门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联网等管理功能,可采用双 CPU 运行,即并联两个 CPU,使其功能得到极大增强。

2. 可靠性高,抗干扰能力强

继电器控制系统中,器件的老化、脱焊、触点的抖动及触电电弧等不可避免的现象,会使系统的可靠性大大降低。再者继电器控制系统的维修工作不仅耗资费时,而且由停产维修所造成的损失也是不可估量的。而在 PLC 的控制系统中,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安全措施,使产品具有极高的可靠性和抗干扰的能力,故 PLC 可以直接安装在工业现场而稳定工作。从国外使用 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 被誉为专门为适应恶劣的工业环境而设计的计算机。

3. 编辑语言简单易学

PLC 可采用梯形图编程语言,与早期的继电器控制图极为相似,理解方式相同,非常清晰,了解继电器控制技术的人很容易学习。

4. 适应于恶劣的工业环境

PLC 采用分装的方式,它适用于工作在有着振动、腐蚀、污染和有毒气体等多种场合。

5. PLC 与外部设备的连接方便

PLC 采用统一接线的可拆装的活动端子排与外界设备进行连接,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)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,使用方便。

6. PLC 的扩展能力强

通过增加扩展机架可以使 PLC 用于控制具有几个 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 增加一些特殊的功能模块,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,所以它具有结构紧凑、体积小、质量轻、功耗低的特点。更由于 PLC 能适应各种恶劣的环境并具备很强的抗干扰能力,它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 控制系统的设计周期短,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。

1.1.3 PLC 的组成

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 可分为整体式和组合式两类，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存成主机，另外还有独立的扩展单元与主机配合使用，整体式的 PLC 结构紧凑、体积小，小型机常采用这种结构。

欧姆龙 NJ 系列组合式自动化控制器的基本组成如图 1-1 所示。

详细内容如表 1-1 所示。

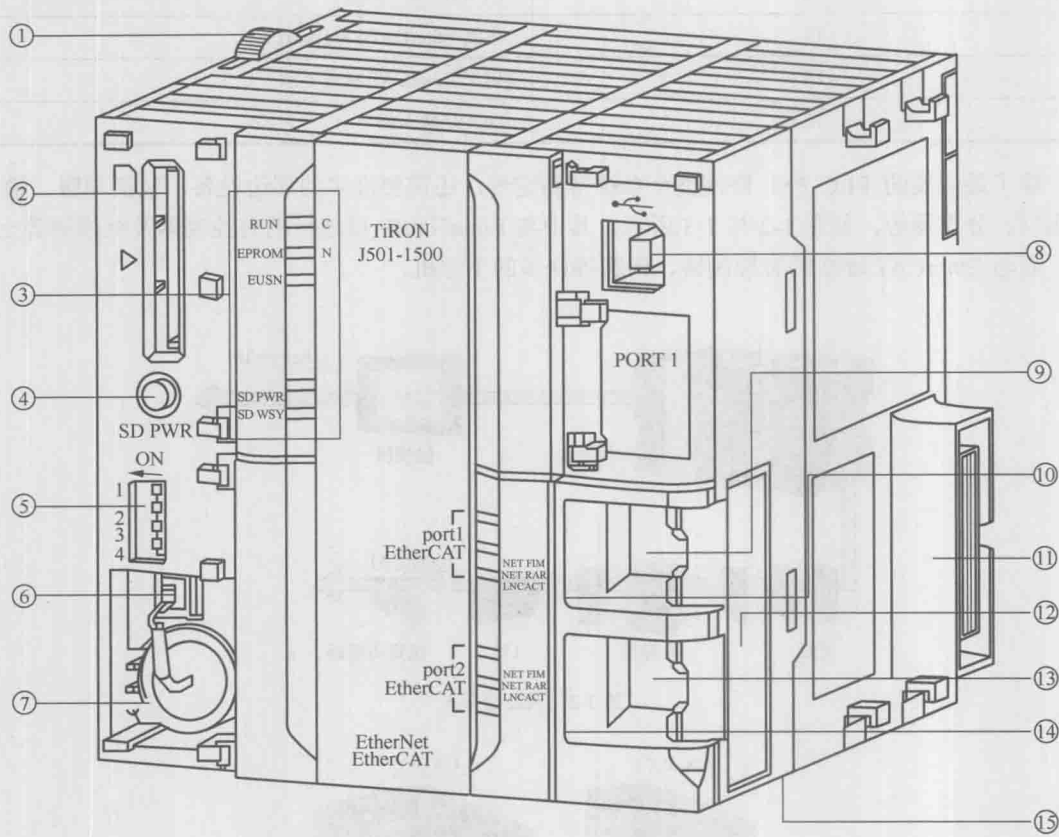


图 1-1 NJ 系列自动化控制器结构

表 1-1 NJ 系列自动化控制器具体结构表

标号	内容
1	卡扣
2	SD 内存卡连接口
3	CPU 单元状态显示

续表

标号	内容
4	SD 内存卡供电单元
5	DIP 开关
6	电池连接口
7	电池
8	USB 连接口
9	内置 EtherNet/IP 口 (port1)
10	内置 EtherNet/IP 状态显示
11	单元连接口
12	CPU ID 信息标签
13	内置 EtherCAT 口 (port2)
14	内置 EtherCAT 状态显示
15	DIN 导轨卡槽

除了最主要的 PLC 外,要使整个系统得到完善,还需要许多的周边设备,包括伺服、输入/输出口、分支器等,如图 1-2 与 1-3 所示。其中与 EtherNet/IP 口连接的有控制器及触摸屏等上位机,而与 EtherCAT 连接的有控制器、伺服等许多的下位机。



图 1-2 周边设备 1

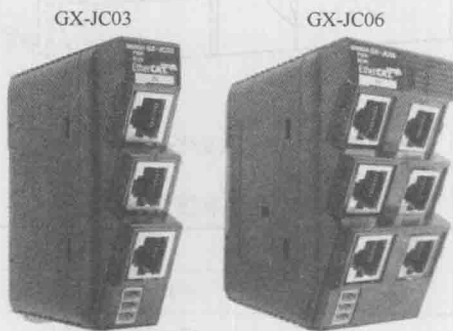


图 1-3 周边设备 2

PLC 都由中央处理器、存储器、I/O 单元等部分组成,它们有着不同的作用和用法。

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项任务,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、校验用户的程序。对用户程序进行检查,发现语法错误立即报警,并停止输入,在程序运行的过程中若发现错误,则立即报警或停止程序的执行。

(3) 接收、调用现场信息。将接收到的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 会根据用户程序存放的先后顺序,逐条读取、解析和执行,完成用户程序中规定的各种操作,并将程序执行的结构结果送至输出端,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,通过显示器显示相应的故障或错误的类型等信息,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几种。

(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,它包括的内容如下。

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: 将用户输入的程序变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,根据用户需要调节相应的内部程序。

(2) 用户程序存储器

用户根据控制的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是可读写的。用户程序和数据存储在随机存取存储器 RAM 中,一般需要后备电池进行保护,以防止掉电时丢失程序和数据。NJ 系列自动化控制器整体式 PLC,可选用外置快闪存储卡,容量达 2MB,并含有内置闪存,用户程序和参数区是自动备份和自动恢复的。

3. 输入/输出单元

输入输出是 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,可使用开关量输入单元接收由按钮、操作开关、限位开关、接近开关、继电器的触点、拨码器等发出的开关量信号;可使用模拟量输入单元接收温度传感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。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；也可以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、位置控制系统以及同步控制系统等。

(1) 数字量（开关量）输入/输出单元

欧姆龙公司的 PLC 没有带有内置输入输出功能的端子，需使用 CJ 的扩展机架作为基础 I/O 口，NJ 与 CJ 的所有机架不是全部兼容，只是 CJ 的部分机架可以在 NJ 上使用。输入单元是 CJ 扩展机架的输入端口，可以接受各种由按钮开关、操作开关等部件产生的输入信号。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输出单元，所有的输出单元在 NJ 中的变量在内存中所占的位置是不确定的，这也是 NJ 不同于先前 PLC 之处，它的内存不再分区，即当有数据需要占用内存时，系统划一部分的内存给它，当运算结束时，再将该部分的内存进行释放。

① 继电器的输出单元。继电器的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、液压电磁阀信号及报警器等。外接电源视负载电源而定，可选用直流电源也可选用交流电源，在使用直流电源时，电源的电极方向接法任意。

② 晶体管输出单元。NJ 的晶体管输出单元使用 CJ 的扩展单元块，即只需在 Sysmac Studio 中添加相应的扩展单元便可使用晶体管输出。

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

(2) 模拟量输入/输出单元

在对电机的控制中，我们可以设置模拟输入/输出单元对伺服电机进行控制，即不需要物理端口即可对伺服端口进行控制，方便快捷。

(3) 传感器的输入/输出

在扩展单元中若有加入传感器的输入/输出，则在程序的应用中也可以使用传感器上所采集的信息对触发条件进行控制，可以根据不同地方的温度、湿度等信息，对制冷器、吹风器等设备的使用与否在程序中进行选择。

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、抗干扰能力强。有的 PLC 能向外部提供 24V 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 都有外设的端口，通过外设端口，PLC 可与外部设备相连，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、计算机或终端设备等连接以进行通信，或连成各种网络。

NJ 系列的 OMROM 自动化控制器的外设端口，可直接连接手持编程器即触摸屏，向 PLC 写入程序。NJ 系列自动化控制器有一个外围设备 USB 端口、EtherCAT 口、EtherNet/IP 口和一个 SD 卡槽。

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是简易手持编程器，也可以是配有专门编程软件包的通用计算机。

(1) 简易编辑器

简易编辑器不能直接输入梯形图程序，只能输入语句表程序。在使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。编程软件的功能很强，它可以编辑、修改用户的程序，监控系统的运行；通过软件我们也可以直接打印文件、集成分析数据、监控系统运行状况；还可以对工业现场和系统进行仿真，将程序存贮在磁盘上，实现计算机和 PLC 之间的程序相互传送等。

7. I/O 扩展端口和扩展单元

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，还可以连接各种高功能 I/O 扩展单元，扩展 PLC 的功能。

NJ 系列自动化控制器的高功能 I/O 扩展单元和 CPU 单元有：通信单元、模拟 I/O 单元、基础 I/O 单元、传感器单元、温度控制器单元。

1.1.4 PLC 的编辑语言

可编程控制器是通过编程对系统进行控制的，各种机型的 PLC 都有自己的编程语言，其中两种是图形化语言，包括梯形图（Ladder Diagram, LD）、顺序功能图（Sequential Function Chart, SFC），两种是文本化语言，包括结构文本（ST）、中间语言（IL）。

1. 梯形图 LD 编程语言

梯形图的编程语言是一种图形，是若干图形符号的组成，不同厂家的 PLC 有着自己的一套梯形图画法，这种编程语言具有继电器控制电路形象、直观的优点，熟悉继电器控制技术的人员很容易掌握。各种机型的 PLC 都把梯形图作为第一编程语言。

2. 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，使用它可以对具有开发、选择等复杂结构的系统进行编程。OMRON 的 NJ、CS1、CJ1 和 CPI 等系列的 PLC 可支持 SFC 编程。

顺序功能图程序设计语言有如下的特点。

(1) 以功能为主线，条理清楚，便于对程序操作的理解和沟通。

(2) 常用于系统规模较大、程序关系较复杂的场合，对于大型的程序，可分工设计，采用较为灵活的程序结构，可节省程序设计时间和调试时间。

(3) 顺序功能图是由步构成的，在活动步的命令和操作被执行后，对活动步后的转换进行扫描，因此，整个程序的扫描时间较其他语言编制的程序扫描时间要大大缩短。

3. 中间语言 IL

IL 是 .NET 框架中中间语言（Intermediate Language）的缩写。使用 .NET 框架提供的编码器可以直接将源程序编译为 .exe 或 .dll 文件，但此时编译出来的程序代码并不是 CPU 能直接执行的机

器代码，而是一种中间语言 IL (Intermediate Language) 的代码。

使用中间语言的优点有两点，一是可以实现平台无关性，即与特定 CPU 无关；二是只要把.NET 框架中的某种语言编译成 IL 代码，就能实现.NET 框架中语言之间的交互操作。

4. 结构文本 ST

随着 PLC 技术的发展，PLC 的高级功能越来越多，有时候用梯形图来实现编程会很不方便。为了方便用户使用 PLC 的数字运算、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 语言便是符合工业控制编程语言标准 IEC61131-3 的高级编程语言，使用结构化的语句编写程序。在大中型的 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上都作了简化。一个 ST 程序由多条语句组成，一条语句由变量和表达式组成，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，控制语句又包含选择语句、循环语句和条件语句。通过编写不同的语句就可以得到不同的效果。

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。Sysmac Studio 为熟悉不同的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，则需要编辑很多条程序，占用较多的内存容量；而用 ST 语言来编辑，用表达式来代替梯形图中的复杂程序，会使程序显得更加简便。

简易的 ST 编程例子如下：

```
IF P_ON                                (常开触点 P_ON 与左母线连接)
THEN      P_OUT:=TRUE;                (输出到继电器 P_OUT)
END IF;                                (条件语句结束标志，必须要加)
```

该 ST 语句表示一个开关直接连接一个输出线圈，当 P_ON 闭合时，P_OUT 输出脉冲。这是用一个条件语句来表示一个 BOOL 型变量开关 P_ON 控制 P_OUT 输出。

1.1.5 PLC 的工作方式

PLC 采用循环扫描的工作方式，这种工作方式是在系统程序的控制下顺序扫描各输入点的状态，按用户程序进行运算处理，然后顺序向各输出点发出相应的控制信号。整个工作过程可分为公共处理、程序执行、I/O 刷新和外设端口服务 4 个阶段。

PLC 的性能指标包含了其运行的最主要的各个方面，包含运行速度、控制规模、各个组成模块、指令系统与软件以及外部设备等，直接决定了 PLC 的经济指标和工作效率。本章对 OMRON NJ 系列自动化控制器的工作方式和主要性能指标作了详细的介绍，以供读者学习运用。

PLC 的循环扫描工作方式如下。

在继电器控制电路中每当某些梯级同时满足导通条件时，这些梯级中的继电器线圈会同时通电，也就是说，继电器控制电路是一种并行工作的方式。PLC 采用循环扫描的工作方式，在 PLC 执行用户程序时，CPU 对梯形图自上而下、自左向右地逐次扫描，程序的执行是按语句排列的先后顺序进行的，这样，PLC 梯形图中各线圈状态的变化在时间上是串行的，不会出现多个线圈同时改变状态的情况，这是 PLC 控制与继电器很重要的区别。