

附光盘



可编程序控制器 与工业现场总线

陈忠华○编著

第2版



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



可编程序控制器与 工业现场总线

第2版

陈忠华 编著



机械工业出版社

本书对 PLC 的硬件体系、工作原理、组态方法、编程语言、模块化结构编程、梯形图指令系统、调试手段和故障诊断,进行了全面详细的介绍。对 20 世纪 80 年代产生并迅速发展的工业现场总线,以 IEC 61158 标准中应用广泛的 PROFIBUS_DP 和 PROFINET 两个类型为代表,进行了深入的介绍,说明了 DP_V0、DP_V1 和 DP_V2 3 个标准版本、PROFINET 的基本概念。

本书适合作为高等院校自动化相关专业的教材或教学参考书,对从事自动化领域的工程技术人员、设计人员和设备维修人员也有很高的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器与工业现场总线/陈忠华编著. —2 版. —北京:机械工业出版社, 2012. 4

ISBN 978-7-111-37495-4

I. ①可… II. ①陈… III. ①可编程序控制器②总线—技术
IV. ①TM571.6②TP336

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 025411 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:朱林 责任编辑:朱林

版式设计:石冉 责任校对:樊钟英

封面设计:陈沛 责任印制:李妍

北京富生印刷厂印刷

2012 年 4 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·22.25 印张·551 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-37495-4

ISBN 978-7-89433-335-3 (光盘)

定价:59.80 元(含 1CD)

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

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

本书自 2010 年初版之后,深受广大读者欢迎,尤其是关于现场总线通信的实际应用部分,所提供的实例,非常有实用价值,有读者希望在再版时能更多地介绍一点有关实际应用的内容。为此,在本书再版时增添了一章(第 5 章)“现场总线通信应用实例”,实例是通过工程上的一个实际应用项目,从硬件配置、系统组态到具体程序的编写,完整地进行了介绍,所采用的硬件又是国内用户应用最广泛的西门子公司 PLC 和西门子交、直流传动装置,特别在介绍到现场总线通信时,详细说明了西门子的 PPO(参数过程数据目标)机制、PROFIdrive 可变速传动行规等内容,在 PPO 机制中对参数通道通信(PKW)的实现,是一个难点,以往连西门子公司技术支持部分,也很少提供这方面的资料 and 解决方法,作者在本书新增加的章节中,提供了详细的解决方法和程序,这些都是作者多年从事实际工程应用经验的总结,其中还包含许多对工程细节的技术处理方法,希望增加的这部分内容,会对读者有更多的帮助。

新版书分为 5 章:第 1 章“PLC 的定义及硬件和软件的基本构成”,第 2 章“PLC 编程语言的应用”,第 3 章“梯形图编程语言指令系统介绍”,第 4 章“现场总线技术”,第 5 章“现场总线通信应用实例”,前 4 章对 PLC 和现场总线做一完整介绍,中间也有一些举例,说明相关的概念,而通过第 5 章的工程应用实例,综合应用了全书各章的知识,使读者能对全书的内容有更深入的理解,也让读者掌握了如何应用本书介绍的内容,去解决实际遇到的工程问题,从而体现了本书的实用价值。

本书所附的 CD 光盘,包含第 5 章实例中的“项目源程序”。读者学习书中所列项目需要安装的 STEP7 V5.4 SP1、STEP7 V5.4 SP5(地址为 <http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?query=step+7&func=cslib.cssearch&content=adsearch%2Fadsearch.aspx&lang=en&siteid=cseus&objaction=cssearch&searchinprim=0&nodeid0=10805065&x=23&y=8>)和 ProTool V6.0 SP2(地址为 <http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&ehbid=19962184&query=ProTOOL+V6%2E0+SP3&lang=en&siteid=cseus&extranet=standard&viewreg=WW&objid=11772575&caller=rln>)软件可在西门子官方网站下载。

最后,对关心本书和提供过宝贵意见和建议的读者,以及出版社的编辑和相关人员,为本书再版所付出的辛勤劳动,表示由衷的感谢!

作 者

2012 年 1 月

目 录

前言

第 1 章 PLC 的定义及硬件和软件的

基本构成 1

1.1 PLC 的硬件体系 1

1.1.1 硬件结构 1

1.1.2 CPU 和中央存储器 3

1.1.3 I/O 接口 6

1.1.4 PLC 的工作原理 18

1.2 PLC 的软件体系 23

第 2 章 PLC 编程语言的应用 25

2.1 西门子公司 S7 PLC 和 STEP 7 编程

软件的应用 25

2.2 西门子公司 STEP 7 编程软件的安装 ... 26

2.3 启动 SIMATIC 管理器 27

2.4 应用 STEP 7 对 PLC 进行硬件组态 28

2.5 S7 PLC 分布式 I/O 模板的组态 34

2.6 应用符号地址编程 40

2.7 STEP 7 的模块化程序结构——组织

方块 OB1 的作用和程序编写 42

2.8 用功能块和数据块建立一个程序 53

2.9 生成功能块 (FB) 的背景数据块及

使用实际参数替代形式参数改变

实际值 58

2.10 使用梯形图逻辑语言编写方块

调用程序 60

2.11 STEP 7 语言中的功能 (FC) 编程 60

2.12 STEP 7 语言中的共享数据块编程 65

2.13 高级功能块和多背景数据块 67

2.14 如何在分布式系统对第三方产品

进行硬件组态 70

2.15 下载和调试程序 73

2.16 通过监视程序状态的方法来测试

程序 75

2.17 通过建立变量表的方法来测试程序 ... 77

2.18 通过 CPU 诊断缓冲区检查错误 79

2.19 STEP 7 中的组织方块 OB 81

第 3 章 梯形图编程语言指令系统

介绍 91

3.1 STEP 7 梯形图指令系统分类 92

3.2 位逻辑指令类 92

3.2.1 常开触点 (地址) 93

3.2.2 常闭触点 (地址) 94

3.2.3 异或指令 95

3.2.4 取反指令 96

3.2.5 输出线圈 96

3.2.6 中间线输出指令 97

3.2.7 复位线圈 98

3.2.8 置位线圈 99

3.2.9 复位-置位触发器 100

3.2.10 置位-复位触发器 102

3.2.11 RLO 下降沿检测指令 103

3.2.12 RLO 上升沿检测指令 104

3.2.13 保存 RLO 到状态位 BR 指令 105

3.2.14 地址下降沿检测指令 106

3.2.15 地址上升沿检测指令 107

3.2.16 立即读指令 108

3.2.17 立即写指令 109

3.3 比较指令类 109

3.3.1 整数数比较指令 110

3.3.2 双整数数比较指令 111

3.3.3 实数 (浮点数) 比较指令 112

3.4 转换指令类 112

3.4.1 BCD_I 113

3.4.2 I_BCD 114

3.4.3 I_DINT 115

3.4.4 BCD_DI 115

3.4.5 DI_BCD 116

3.4.6 DI_REAL 117

3.4.7 INV_I 118

3.4.8 INV_DI 119

3.4.9 NEG_I 119

3.4.10 NEG_DI 120

3.4.11 NEG_R 121

3.4.12	ROUND	122	3.9.11	求正弦函数值指令	153
3.4.13	TRUNC	123	3.9.12	求余弦函数值指令	154
3.4.14	CEIL	123	3.9.13	求正切函数值指令	155
3.4.15	FLOOR	124	3.9.14	求反正弦函数值指令	155
3.5	计数器指令类	125	3.9.15	求反余弦函数值指令	156
3.5.1	S_CUD	126	3.9.16	求反正切函数值指令	156
3.5.2	S_CU	127	3.10	赋值指令类	157
3.5.3	S_CD	129	3.11	程序控制指令类	159
3.5.4	置计数器值指令	130	3.11.1	—(CALL) 指令	159
3.5.5	加法计数器线圈	131	3.11.2	用指令框调用 FB 指令	160
3.5.6	减法计数器线圈	131	3.11.3	用指令框调用 FC 指令	161
3.6	数据块指令类: DB 或 DI 指令	132	3.11.4	用指令框调用 SFB 指令	163
3.7	逻辑控制指令类	133	3.11.5	用指令框调用 SFC 指令	164
3.7.1	无条件跳转指令	134	3.11.6	用指令框调用多背景数据块 指令	166
3.7.2	有条件跳转指令	134	3.11.7	从程序库调用方块指令	166
3.7.3	遇“非”跳转指令	135	3.11.8	使用 MCR (主控继电器) 功能 的注意事项	166
3.7.4	标号	136	3.11.9	接通主控继电器指令	167
3.8	整型数算术运算指令类	136	3.11.10	断开主控继电器指令	168
3.8.1	整型数算术运算指令对状态 字位影响的评估	137	3.11.11	激活主控继电器指令	169
3.8.2	整型数加法运算指令	138	3.11.12	结束主控继电器指令	170
3.8.3	整型数减法运算指令	139	3.11.13	返回指令	171
3.8.4	整型数乘法运算指令	139	3.12	移位和旋转指令类	172
3.8.5	整型数除法运算指令	140	3.12.1	移位指令	172
3.8.6	双整型数加法运算指令	141	3.12.2	整型数右移指令	172
3.8.7	双整型数减法运算指令	142	3.12.3	双整型数右移指令	174
3.8.8	双整型数乘法运算指令	143	3.12.4	字左移指令	175
3.8.9	双整型数除法运算指令	144	3.12.5	字右移指令	176
3.8.10	双整型数除法输出余数指令	145	3.12.6	双字左移指令	177
3.9	浮点数算术运算指令类	146	3.12.7	双字右移指令	178
3.9.1	浮点数算术运算指令对状态 字位影响的评估	146	3.12.8	旋转指令	179
3.9.2	实数加法运算指令	147	3.12.9	双字左旋转指令	179
3.9.3	实数减法运算指令	148	3.12.10	双字右旋转指令	180
3.9.4	实数乘法运算指令	149	3.13	状态位指令类	182
3.9.5	实数除法运算指令	150	3.13.1	溢出故障位指令	182
3.9.6	取浮点数的绝对值指令	150	3.13.2	锁存溢出故障位指令	183
3.9.7	浮点数二次方运算指令	151	3.13.3	无序故障位指令	184
3.9.8	浮点数开方运算指令	152	3.13.4	BR 结果位指令	185
3.9.9	以 e 为基数的浮点数指数运算 指令	152	3.13.5	结果位等于 0 指令	185
3.9.10	取浮点数的自然对数运算 指令	153	3.13.6	结果位不等于 0 指令	186
			3.13.7	结果位大于 0 指令	187
			3.13.8	结果位小于 0 指令	188

3.13.9 结果位大于等于0指令	188	4.3.3.3 DP_V2 版本	242
3.13.10 结果位小于等于0指令	189	4.3.3.4 用槽号和变址号寻址	244
3.14 定时器指令类	190	4.3.3.5 DP 行规	244
3.14.1 脉冲 S5 定时器	193	4.4 PROFINET 现场总线的基本知识	245
3.14.2 扩展脉冲 S5 定时器	194	4.4.1 概述	245
3.14.3 接通延时 S5 定时器	195	4.4.2 以太网的 MAC 地址	247
3.14.4 接通延时保持 S5 定时器	196	4.4.3 标准以太网的报文帧结构	248
3.14.5 断开延时 S5 定时器	197	4.4.4 以太网的 IP 地址	249
3.14.6 脉冲定时器线圈	198	4.4.5 有源网络部件	250
3.14.7 扩展脉冲定时器线圈	200	4.4.5.1 交换机和集线器	250
3.14.8 接通延时定时器线圈	200	4.4.5.2 路由器	252
3.14.9 接通延时保持定时器线圈	201	4.4.6 基于以太网的通信协议	253
3.14.10 断开延时定时器线圈	202	4.4.6.1 TCP/IP	253
3.15 字逻辑指令类	203	4.4.6.2 UDP/IP	254
3.15.1 WAND_W 指令	203	4.4.6.3 ARP 和 RARP	254
3.15.2 WOR_W 指令	204	4.4.7 以太网报文中的 TCP/IP 数据	254
3.15.3 WAND_DW 指令	205	4.4.8 PROFINET 的网络拓扑结构	256
3.15.4 WOR_DW 指令	206	第5章 现场总线通信应用实例	257
3.15.5 WXOR_W 指令	207	5.1 可变速传动通信中的过程数据	
3.15.6 WXOR_DW 指令	207	通道和参数数据通道	258
3.16 指令系统应用举例	208	5.2 PROFIdrive 行规中处理	
3.16.1 应用定时器指令产生脉冲		参数通道的机制	260
序列举例	208	5.3 现场总线通信应用实例 1	265
3.16.2 模拟量输入模板读程序举例	211	5.3.1 本例中生产线对传动控制的要求	
第4章 现场总线技术	216	和传动控制的硬件配置	265
4.1 现场总线技术概述	216	5.3.2 在 PLC 中应用 STEP 7	
4.1.1 现场总线技术产生的背景	216	编程软件组态项目	267
4.1.2 现场总线技术的概念	217	5.3.3 过程数据通道 PZD 数据	
4.2 国内外发展状况	218	通信程序的编写	271
4.2.1 国外发展状况概述	218	5.3.4 参数数据通道 PKW 数据	
4.2.2 国际标准的形成过程及现状	218	通信程序的编写	286
4.2.3 国内发展现状	220	5.3.5 其他从站的通信程序	306
4.3 PROFIBUS 现场总线标准介绍	221	5.3.6 上位监控与通信程序的连接	306
4.3.1 PROFIBUS 标准概念	221	5.4 现场总线通信应用实例 2	310
4.3.2 PROFIBUS 第1层、第2层和		5.4.1 一般描述	310
应用层介绍	223	5.4.2 硬件组态	312
4.3.3 DP 通信协议	235	附录 梯形图指令系统索引表	345
4.3.3.1 基本功能 DP_V0	236	参考文献	349
4.3.3.2 DP_V1 版本	240		

第1章 PLC 的定义及硬件和软件的基本构成

根据 IEC 标准, PLC 定义如下: PLC 是在工业环境中使用数字操作的电子系统, 它使用可编程序存储器内部存储用户设计的指令, 这些指令用来实现特殊的功能, 如逻辑运算、顺序操作、定时、计数以及算术运算和通过数字或模拟输入/输出来控制各种类型的机械或过程。不论是 PLC 还是与它有关的外部设备都设计成容易集成在一个工业控制系统内, 并容易应用所有计划中的功能。由上述的 PLC 定义, 可以概括 PLC 的特点如下:

1) 控制程序可变, 具有很好的柔性, 在生产工艺流程改变或生产设备更新的情况下, 不必改变 PLC 的硬设备, 只需改变程序就可满足要求。因此, 除单机控制外, PLC 在柔性制造单元 (FMC)、柔性制造系统 (FMS), 以致工厂自动化中也被大量采用。

2) 具有高度可靠性, 适用于工业环境, PLC 产品的平均故障间隔时间一般可达到 5 年以上, 因此是一种高度可靠的工业产品, 大大提高了生产设备的运行效率。PLC 不要求专用设备的机房, 这为工业现场的大量直接使用提供了方便。

3) 功能完善。现代 PLC 具有数字和模拟量输入/输出、逻辑和算术运算、定时、计数、顺序控制、PID 调节、各种智能模块、远程 I/O 模块、通信、人-机对话、自诊断、记录和图形显示、组态等功能。除了适用于离散型开关量控制系统外, 现在也能应用于连续的流程控制系统, 从而使设备的控制水平大大提高。

4) 易于掌握, 便于维修。由于 PLC 使用编程器进行编程和监控, 使用人员只需掌握工程上通用的梯形图语言 (或语句表、流程图) 就可进行用户程序的编制和测试。因此, 即使不太懂得计算机的操作人员, 也能掌握和使用 PLC。也由于 PLC 有完善的自诊断功能, 输入/输出均有明显的指示, 在线监控软件的功能很强, 因此很容易进行维修, 能很快查找出故障的原因。PLC 本身的高可靠性也保证了故障的几率是很低的。

5) 体积小, 省电。与传统的控制系统相比, PLC 的体积很小, 一台收录机一样大小的 PLC 具有相当于 3 个 1.8m 高继电器控制柜的功能。PLC 消耗的功能只是传统控制系统的 $1/3 \sim 1/2$ 。

6) 价格低廉。随着集成电路芯片功能的提高和价格的降低, PLC 硬件的价格也在一直不断地下降。根据最近的市场统计, 国外小型 PLC 平均每一个 I/O 点为 14 ~ 20 美元, 中型 PLC 折算每个 I/O 点为 20 ~ 35 美元, 大型 PLC 折算每个 I/O 点为 40 ~ 80 美元。虽然 PLC 的软件价格在系统中所占的比重在不断提高, 但由于缩短了整个工程项目的设计, 编程和投运费用以及缩短了整个投运周期, 因此, 使用 PLC 的总造价是低廉的, 而且还呈不断下降的趋势。

1.1 PLC 的硬件体系

1.1.1 硬件结构

图 1-1 所示为 PLC 及其与外部设备的联系框图。

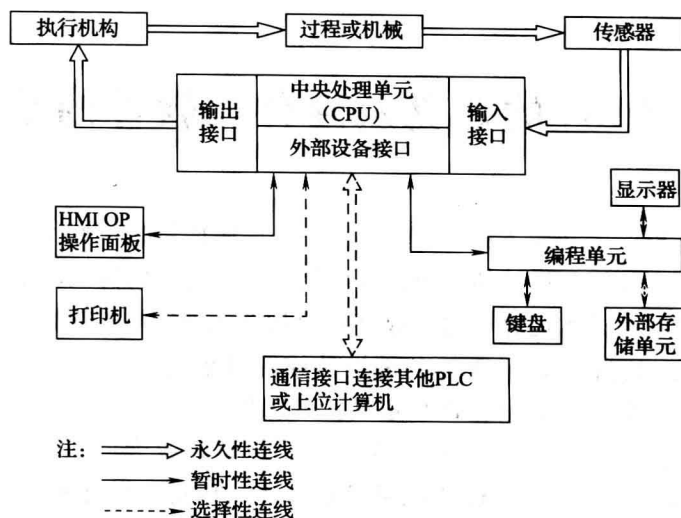


图 1-1 PLC 及其与外部设备联系框图

PLC 控制的对象是“过程”或“机械”，由传感器采集“过程”或“机械”的信息，送入 PLC 的输入单元，经 PLC 的中央处理单元处理，结果通过 PLC 的输出单元驱动执行机构，由执行机构控制“过程”或“机械”达到预期的目的。图 1-1 还表示了 PLC 的外部设备接口与外部设备之间的联系。主要的外部设备有编程器（编程器上配置有显示单元）、HMI 人-机接口、并行打印机、其他 PLC 或上位计算机。

从原理上讲，PLC 是计算机的一种，因此，它也由中央处理器、中央存储器和 I/O 接口 3 部分组成。

图 1-2 所示为 PLC 的中央处理单元 (CPU) 的结构。中央处理单元的核心是中央处理

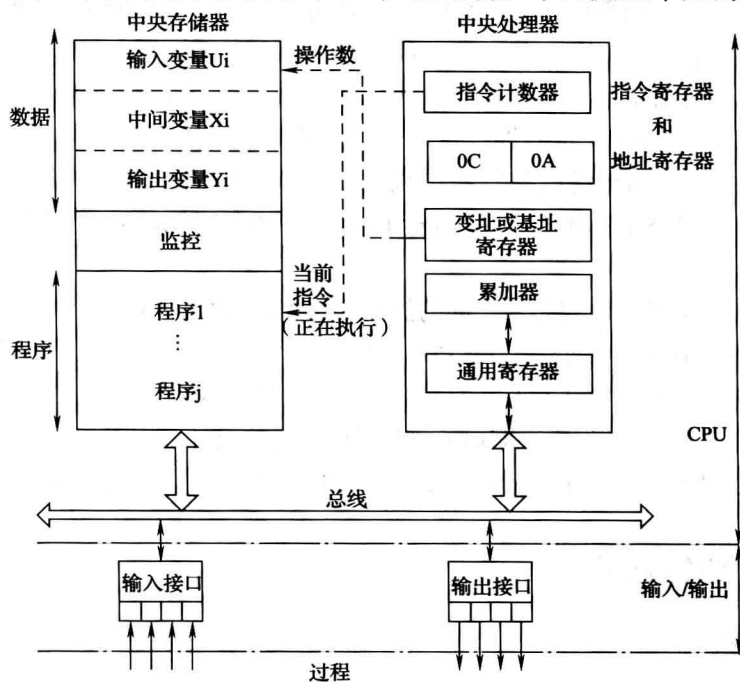


图 1-2 PLC 的 CPU 结构框图

器。中央处理器包含指令计数器、指令存储器和地址寄存器、变址和基址寄存器、累加器和通用寄存器。

除了中央处理器外，还有中央存储器，中央存储器划分成数据、程序和监控三部分。数据部分包含有输入变量、中间变量和输出变量的映像区。监控部分存放 PLC 的监控程序，用户程序区存放若干个用户的应用程序块。

1.1.2 CPU 和中央存储器

PLC 中的 CPU 是用来完成对某些不同类型的信息进行操作的单元。这些操作包括信息的转移、信息的转换（码的转换、数字的转换）、计算、同步、译码等。

中央处理器是 CPU 中的智能机构（电脑）。它是用来控制程序指令的操作的，处理器本身由若干种寄存器组成。寄存器是由逻辑电路组成的高速半导体存储器（暂存器），它用来暂时存放数据、外部信息或中间运算结果和对它们进行操作。主要的寄存器有：

（1）内部寄存器

只能在计算机内部进行存取，允许内部的管理和控制操作。

（2）程序计数器

有时也称作“程序指针”，它始终包含有当前正在执行指令的地址，在每一条指令执行结束时，指针的值将被修改，自动地加 1。只有在执行跳转指令时是例外，指针将被放置新的下一条执行指令的地址。

（3）指令寄存器

由“程序指针”所指向的中央存储器中的当前指令操作码（Operation Code, OC）被送至指令寄存器，经过译码，在时钟脉冲控制下，指令寄存器将执行指令，即从中央存储器转移信息到通用寄存器或取相反过程。当执行跳转指令时，如果命令是正向跳动 n ，则执行指令的结果是强迫程序计数器增量加 n 。

（4）地址寄存器

在指令寄存器取得操作码（OC）的同时，地址寄存器取得同一指令的操作数地址（Operand Address, OA）。在一般情况下，地址寄存器存放操作数的地址，但在转移指令的情况下，由它决定信息转移的途径。例如，在执行向前跳动 $+n$ 的指令时，地址寄存器就包含数据值 $+n$ ，执行指令是将程序计数器的内容与地址寄存器的内容相加，再送回程序计数器。

（5）状态寄存器

状态寄存器是用来设置状态位的。某个状态位决定处理器对某一事件将予以考虑或不予考虑，例如，对中断优先权的禁止或屏蔽。

（6）通用寄存器

通用寄存器是用户在编制应用程序时可以使用的一组寄存器，它们中的某些是非常特殊的，另一些则是一般的寄存器，其数量和组织取决于 PLC 设计者的选择。

（7）变址寄存器

变址寄存器包含一潜在的基地址，当采用变址寻址方式时，将预先存放在变址寄存器中的绝对基地址，与地址寄存器中存放的操作数地址（OA）部分相加，得到指令中所要存取信息的地址。这种技术可以扩展寻址的范围，与地址寄存器有限的地址长度相比可扩展至更大的范围，但执行指令时间较长。

(8) 累加器寄存器

它是用来执行 CPU 的指令的, 对 PLC 来说, 这些指令典型的有按“位”执行和按“字”执行。对某些 PLC 类型, 只有单一的累加器, “位”是作为“字”的一个位来处理的, 对另一些 PLC 系统, 逻辑运算和数字运算是分开在不同的累加器进行的。

处理 PLC 系统信息的存储器通常分为两大部分: 中央存储器和大容量存储器 [硬盘、软磁盘、磁带、闪速存储器 (Flash Memory) 等]。大容量存储器一般作为 PLC 的外部设备。中央存储器有很快的存取速度, 但由于价格较昂贵, 限制了它的使用容量; 大容量存储器虽然存取速度较慢, 但由于价格相对便宜, 适于存储大容量数据。

中央存储器在 PLC 的内部, 一般由 3 部分组成。由于对存取速度有要求, 所以都采用半导体存储器, 常用的半导体存储器有静态 RAM、EPROM 和 E²PROM。

1) 中央存储器的数据部分主要用作输入变量、输出变量、中间变量的映像区, 因为在 PLC 的运行过程中, 这部分变量是不断变化的, 所以都是采用随机存取存储器 (一般为静态 RAM) 构成的。

2) 监控程序或操作系统是 PLC 设计者为了给用户使用 PLC 提供方便, 其功能是对 PLC 及其外设进行资源管理, 同时使 PLC 的用户在编制应用程序时, 可以使用级别较高的语言 (例如语句表、梯形图或 SFC 控制图形语言等)。一般监控程序或操作系统都是驻留在中央存储器中的, 例如固化在中央存储器的 EPROM 上, 有一些 PLC 使用较大的操作系统, 则除了驻留在中央存储器上的软件外, 还有一部分软件放在外设的大容量存储器中。

3) 中央存储器中的用户应用软件是用户针对不同的控制任务, 用 PLC 编程语言编制的应用程序, 放置在中央存储器的用户存储器区。有些用户存储区可以放置若干个应用程序块。由于应用程序在调试过程中要不断修改, 又希望在掉电或正常关机时这部分程序不会丢失, 因此, 在中央存储器中常用带后备电池的 CMOSRAM 作用户存储器区, 也可以用 E²PROM 存放应用程序。如果应用程序经调试后, 不再需要改变, 这部分程序可以固化在 EPROM 中。

在 CPU 与中央存储器交换信息的过程中, 很重要的一点是存储器的寻址, 发展寻址技术的目的是在键入数据时增加灵活性, 这样可以更为安全和得到更大的地址范围。PLC 系统中使用的寻址方式有以下几种:

(1) 立即数寻址

这种寻址方式的操作数直接放置在指令的地址场中。这种寻址方法, 对简单的计算, 例如, 计算用户程序的地址是很方便的。

(2) 相对寻址

在指令的地址场中包含的是正的或负的整数, 用它与现行地址 (例如程序计数器的值) 代数相加, 得到指令的操作数的有效地址。这种寻址方式在执行转移指令、条件转移指令或循环指令 (LOOP) 时是非常有用的。

(3) 间接寻址

这种寻址方式的指令的地址场包含的是操作数所在单元的地址 (即指令的操作数有效地址的地址), 用这种寻址方式, 可以扩展可寻址存储器的范围。

(4) 变址或基址寻址

在变址寄存器或通用寄存器中, 预先放置一基地址, 将此与指令操作数地址场的内容 (偏移量) 代数相加得到指令操作数的有效地址。

(5) 组合寻址

上面所提到的某些寻址方式可组合起来形成新的寻址方式，例如相对变址寻址等。图 1-3 所示为与寻址方法有关的指令结构。图 1-4 为两种堆栈的操作方式说明。

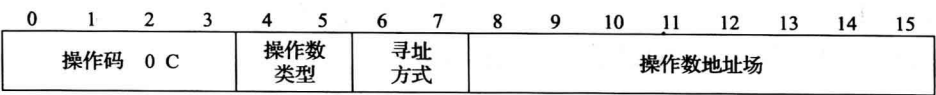


图 1-3 与 PLC 寻址方式有关的指令结构

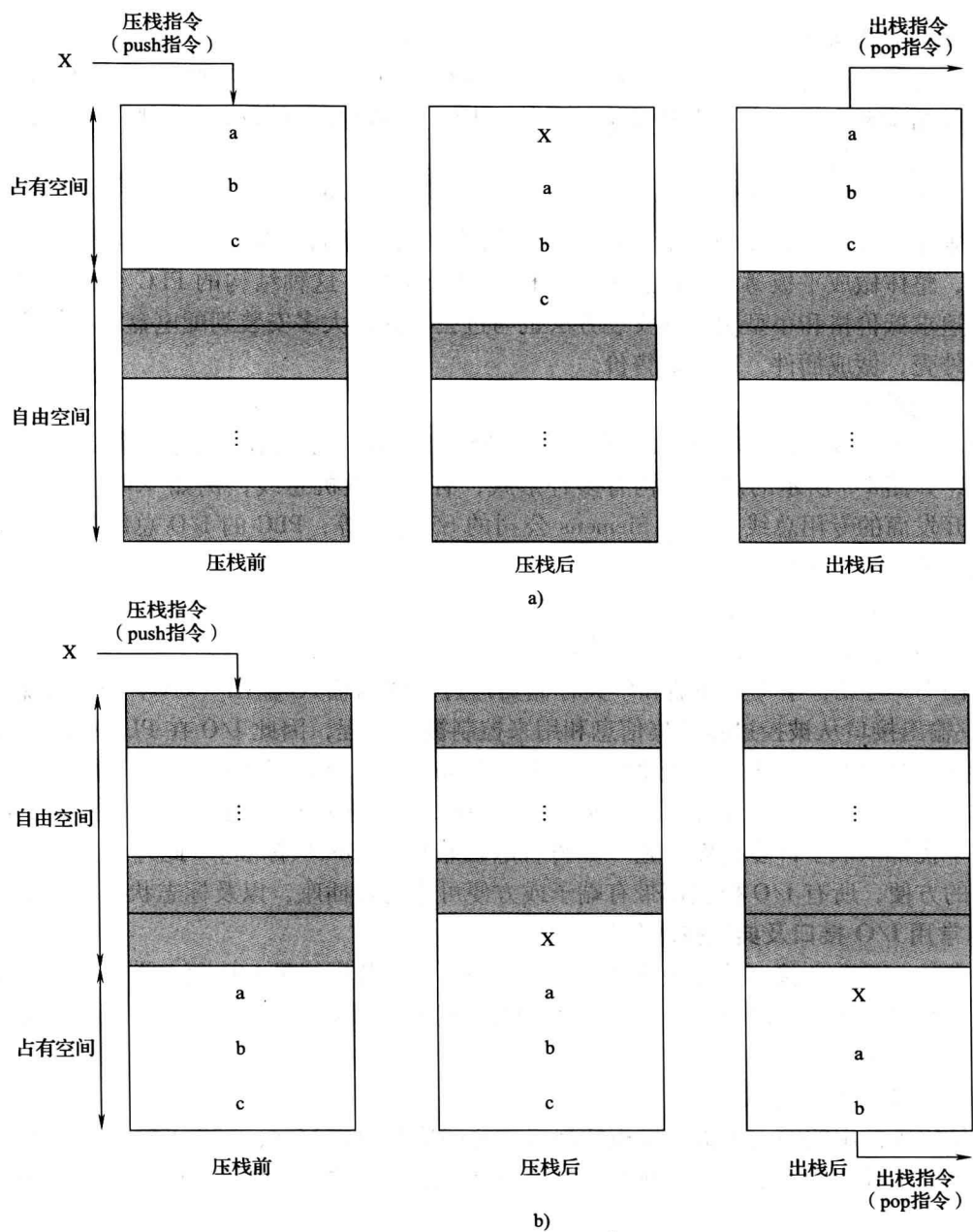


图 1-4 LIFO 和 FIFO 两种堆栈的操作方式说明

a) LIFO 堆栈操作 b) FIFO 堆栈操作

在中央存储器中，还有一种特殊的应用区，称为堆栈。堆栈是中央存储器中的一个特殊区域，用来存放程序执行过程中的结果或者在子程序调用过程中用来保护“现场”信息，以便子程序结束时能正确地返回。在 PLC 中使用的堆栈主要有两种形式：一种称后进先出堆栈（Last In First Out, LIFO），另一种称先进先出堆栈（First In First Out, FIFO）。图 1-4 表示了这两种“堆栈”在进行栈操作时的数据位置。

1.1.3 I/O 接口

1. I/O 扩展结构

PLC 的硬件结构因其系统规模和特点不同可有多种结构形式，有整体型非总线结构和总线型组件结构两大类。大、中型系统一般均采用组件结构，而微型以及部分小型 PLC 则趋向于整体型非总线结构。

(1) 整体型非总线结构 20 世纪 80 年代，PLC 的结构多为组件式，由 CPU、I/O 及备用模块等组合而成。现在的小型、微型 PLC 结构则趋向于将 CPU、存储器与 I/O 做成一体型结构，整体做成平板薄型，以追求低价格和便于安装。这种结构的 PLC 往往采用非总线结构，追求低价格和小型化，其安装方法也与过去不同，大多安装到配电盘或机械之中，有的不用外壳，做成插件，以降低售价。

(2) 总线型结构

大、中型以及一部分小型 PLC 通常采用总线型方式，可视用户要求进行组合以满足不同要求，如图 1-5 所示的总线结构有多种形式，有采用微机总线，例如 VME 总线和 PC 总线，或开发商的专用总线，例如 Siemens 公司的 S5 总线等，PLC 的 I/O 总线扩展可以有多种结构方式，主要采用：

1) 并行本地总线（见图 1-5a）；

2) 串行远程通信连接（见图 1-5b）。

由图 1-5 可见，中央处理器和中央存储器通过总线与输入/输出（I/O）交换信息。PLC 以输入/输出接口从被控过程采集信息和用来控制被控过程，因此 I/O 在 PLC 中起着重要作用。工业控制机通常使用在比较恶劣、苛刻的现场环境，这就对 I/O 提出了比较高的要求。尽管 I/O 模板的电路并不十分复杂，但 PLC 用的 I/O 工艺都十分考究，对于抑制工业环境带来的干扰都采取了许多有效措施 [如符合电磁兼容（EMC）标准]。此外，为了用户接线和检查的方便，所有 I/O 模板都带有端子或方便可靠的接插座，以及标志状态的指示灯。

2. 常用 I/O 接口及典型技术参数

通常的 PLC I/O 接口分开关量（包括数字量）I/O 和模拟量 I/O 两大类，每一类又分为输入接口和输出接口。对于大、中、小型 PLC，其 I/O 接口往往采用组件（即模板）式进行组合。典型模板有：

(1) 直流开关量输入模板

这是比较常用的输入模板，模板的规格是每一块模板带 16 点或 32 点输入。输入器件的形式可以是接近开关、按钮、选择开关、继电器触点等。输入电源由 PLC 内部或外部提供，典型值为 DC 24V。

(2) 直流开关量输出模板

直流开关量输出接口模板也是最经常使用的，它由大功率晶体管作为输出驱动级，与

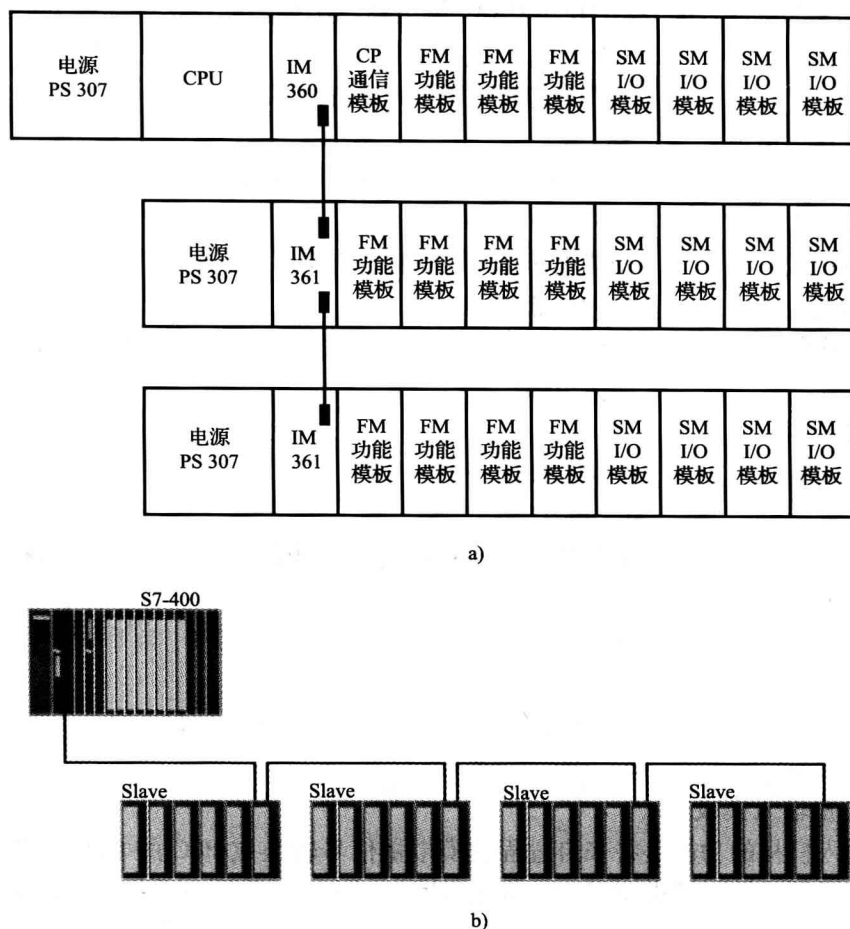


图 1-5 PLC 的 I/O 总线扩展结构

a) 并行本地总线 b) 串行远程通信连接

PLC 之间有光电隔离，可以带的负载有电动机起动器、继电器线圈、电磁阀线圈、指示灯等。

(3) 交流开关量输入模板

交流开关量输入模板与直流开关量输入模板一样，板上有 8 路或 16 路输入，用户提供输入器件的形式可以是按钮、选择开关、继电器触点等。每个这样的电路，使用独立的交流电源，电源由外部提供，典型值为 AC120V 或 AC230V。

(4) 交流输出模板

交流输出模板可以直接用来驱动交流接触器线圈、电动机起动器、交流气动阀或液压阀等。

(5) 继电器输出模板

在开关量 I/O 中有一种最常用的输出模板就是继电器输出模板，其输出的形式是继电器的触点，既可用于带动直流负载（直流中间继电器线圈、直流电磁阀等）又可带动交流负载（交流接触器线圈、交流气动阀等），而且输入与输出之间是电隔离的，负载电压的类型可以广泛变化（DC 24V，AC 120V，AC 230V）。由于有这些灵活性，因此应用十分广泛。

西门子公司 S7-300 的 6ES7 322-1HF20-0AA0 继电器输出模板的技术指标如下:

输出点数:	8 个继电器触点输出
光电隔离:	与背板总线之间采用光电隔离
触点允许连续电流:	5A
继电器类型:	Siemens V23127 - D0006 - A402
触点通断能力	
电阻负载,	交流电压 250V 最大电流 5A
电感负载,	最大电流 5A
允许操作次数	交流 230V 5A, 0.1×10^6 次; 交流 24V 5A, 0.1×10^6 次
开关频率	最大 10Hz
允许环境温度	
水平安装	0 ~ 60 °C
垂直安装	0 ~ 40 °C
电缆长度	最大 600m (1980ft) 非屏蔽电缆; 最大 1000m (3300ft) 屏蔽电缆
对继电器的供电电压	
正常值	DC 24V
允许范围	20 ~ 30V
电流消耗	从背板总线供电, 典型为 45mA; 从 +24V 供电, 典型为 145mA
模板消耗功率:	2.46W

(6) 模拟量输入模板

模拟量输入模板的功能是将来自过程的模拟量信号转换成 PLC 的 CPU 能够处理的数字量信号。由于过程的模拟量类型很多, 例如温度、压力、流量、电动机的电流等, 这些模拟量通过传感器和变送器转换成标准的 4 ~ 20mA 信号或 0 ~ 10V 信号等, 所以相适应的模拟量输入模板的类型也很多。常用的有 $\pm 50\text{mV}$ 、 $\pm 1\text{V}$ 、 $\pm 10\text{V}$ 、0 ~ 5V、 $\pm 20\text{mA}$ 、4 ~ 20mA、热电偶和 Pt100 (铂电阻输入)。西门子公司 S7-300 的 6ES7 331-7KF02-0AB0 模拟量输入模板的技术指标如下:

输入点数	8 点, 用于电阻测量时为 4 点
中断	
超限中断	可以设置
诊断中断	可设置通道 0 和 2
输入阻抗	温度测量或 mV 输入时为 $10\text{M}\Omega$, 电压输入时为 $100\text{k}\Omega$, 电流输入时为 25Ω
传感器连接方法	双绞线连接
输入信号的数字分辨率	单极性 9/12/12/14 位; 双极性 9 + S/12 + S/12 + S/14 + S, S 为符号位
测量原理	积分
转换原理	电压-时间转换 (双积分)
积分时间	与分辨率有关分别为 2.5/16.67/20/100ms
允许输入电压	最大 20V

故障指示	红色 LED 指示错误; 可以读出诊断信息
基本误差范围	$\pm 0.6\%$ ($0 \sim 60^\circ\text{C}$ 温度范围内)
屏蔽电缆长度	最大 200m (656ft), 80mV 输入时为 50m
消耗电流	背板总线供电消耗电流为 60mA; 从 +24V 供电, 典型值为 200mA

(7) 模拟量输出模板

模拟量输出模板是将来自 PLC CPU 的数字信号转换为模拟量信号, 用来控制“过程”。与模拟量输入模板一样, 输出模板也有多种型号, 常见的有 DC $\pm 10\text{V}$ 、 $\pm 20\text{mA}$ 、 $4 \sim 20\text{mA}$ 、 $1 \sim 5\text{V}$ 等输出模板。西门子公司 S7-300 的 6ES7 332-7ND00-0AB0 模拟量输出模板具体的技术指标如下:

输出点数	4 点
负载阻抗	
电压输出	最小为 $1\text{k}\Omega$
电流输出	最大为 500Ω
负载接线	4 线连接
输出信号数字分辨率	11 位 + 符号位 (在 $\pm 10\text{V}$ 、 $\pm 20\text{mA}$; $4 \sim 20\text{mA}$ 、 $1 \sim 5\text{V}$ 时); 12 位 (在 $0 \sim 10\text{V}$ 、 $0 \sim 20\text{mA}$ 时)
转换时间	每个通道 0.8ms
允许过载能力	近似 25%
短路保护	有
短路电流	约为 25mA
隔离测试条件	DC 500V
基本误差	电压输出时为 $\pm 0.2\%$; 电流输出时为 $\pm 0.3\%$
供电电压	
正常值	+24V
允许范围	$20 \sim 30\text{V}$
电流消耗	背板总线供电时为 60mA; 从 +24V 供电时, 典型值为 240mA

(8) 位置输入模板

位置输入模板是特殊的输入模板, 用来接收绝对式编码器的 SSI 输入信号, 例如, 西门子公司 S7-300 PLC 系列中的 SM 338 模板 (见图 1-6) 就是这种类型的模板, 下面我们详细介绍这一模板的性能和技术指标 (见表 1-1)。

1) SM 338 模板的概述。

SM 338 模板最多能接收 3 个绝对位置编码器的信号, 完成这些信号与 CPU 之间的接口功能。

2) SM 338 模板的应用范围。

位置 (POS) 输入模块可以进行以下的转换:

① 将过程输出的 SSI 位置编码器信号转换成数字信号, 供 S7-300 PLC 使用。

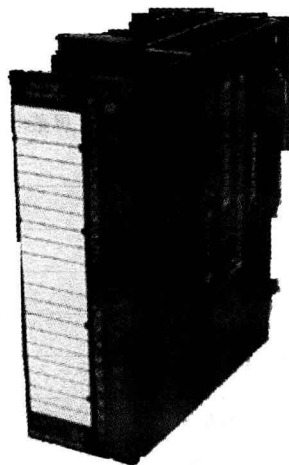


图 1-6 SM 338 位置输入模板的外形图

编码器的值可在 STEP 7 程序中直接处理, 从而可直接对运动系统中的编码器值做出响应。

② SSI 位置编码器的位置可经模块的两个数字量输入冻结。这使位置解码范畴中附加的实时应用成为可能。

3) SM 338 模板的功能。

POS 输入模块装备了以下的器件:

3 个 SSI 输入、2 个数字输入、DC 24V 编码器电源。

表 1-1 SM 338 模板的技术规范表

SM 338		订货号: 6ES7338-4BC00-0AB0
模板技术项		技术指标
概述		绝对值编码器接口模板
额定负载电压 V_{L+}		DC 24V
• 允许范围		20.4 ~ 28.2V
电隔离		无
编码器电源		
• 输出电压		$V_{L+} - 0.8V$
• 输出电流 (最大)		900mA
中断		
• 诊断中断		可组态
电流消耗		
• 从 S7-300 背板总线 (最大值)		160mA
• 从 V_{L+} (最大值)		10mA
电源消耗		3W
尺寸 ($W \times H \times D$)		40mm × 125mm × 120mm
需要的前连接器		20 针
重量		235g
SSI 输入		
位置编码器		绝对值编码器
允许最大电缆长度 (屏蔽电缆)		在 125kHz 时, 320m
		在 250kHz 时, 160m
		在 500kHz 时, 60m
		在 1MHz 时, 20m
数字量输入		
输入电压		
• 1 信号		11 ~ 30.2V
• 0 信号		-3 ~ 5V
输入电流		