



西门子 PLC S7-300/400 工程实例

罗萍 林海波 岂兴明◎编著

PLC必读开悟书，由浅入深，直击要点

多样化平台：TIA（博途）、STEP7、SIMATIC WinCC

S7-300/400系列10种应用案例，可与实际工程直接接轨



西门子 PLC S7-300/400 工程实例

罗萍 林海波 岂兴明◎编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

西门子PLC S7-300/400工程实例 / 罗萍, 林海波,
岂兴明编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2018. 10
ISBN 978-7-115-49316-3

I. ①西… II. ①罗… ②林… ③岂… III. ①PLC技
术 IV. ①TM571.61

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第206167号

内 容 提 要

本书主要介绍了西门子 S7 系列 PLC 的概念、基本原理、指令系统和硬件结构等相关知识, 其中重点介绍了 S7-300/400 PLC 在工程上的实际应用方法和控制系统软硬件设计方法。本书的特点是通过实例向读者讲解相应的知识点, 使读者能够通过完整的工程实例快速、有效地掌握 S7-300/400 PLC 控制系统的设计步骤和编程方法。

本书可作为 PLC 相关专业技术人员的实践参考资料, 也可作为自动化、机电一体化、电气工程等相关专业的工程实训教材。

◆ 编 著 罗 萍 林海波 岂兴明

责任编辑 黄汉兵

责任印制 彭志环

◆ 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>

固安县铭成印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 19.75

2018 年 10 月第 1 版

字数: 484 千字

2018 年 10 月河北第 1 次印刷

定价: 69.00 元

读者服务热线: (010)81055488 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

前 言

随着工业自动化和通信技术的飞速发展,可编程控制器(PLC)应用领域大大拓展。西门子公司是最早生产 PLC 的厂家之一,其产品 in 工业领域运用广泛,并得到了用户和市场的认可。

为了满足广大工程技术人员对 PLC 系统设计的需要,本书以工程应用为目的,以知识点为主线,选择典型工程实例进行讲解。通过分析系统工艺要求,进行硬件配置和软件编程,由浅入深、循序渐进地对知识点进行讲解,使读者能全面、系统、深入地掌握 PLC 的应用与设计方法。

全书共 12 章,以西门子 S7 系列 PLC 为对象,从工程应用和实训出发,针对具体实例进行分析和讲解。章节按照从简单到复杂、由一般到特殊的顺序编排如下。

第 1 章为西门子 PLC 概述,简要介绍了 PLC 的概念、发展历史和工作原理、硬件结构和组成,同时介绍了 PLC 指令系统的概念、原理和组成分类等。

第 2 章为 PLC 控制系统设计,详细阐述 PLC 控制系统的设计原理和设计原则,概述了 PLC 控制系统的设计流程,并指出设计过程中各阶段的注意事项。

第 3 章为 PLC 运料小车控制系统,重点阐述了 PLC 控制系统的设计方法、西门子 PLC 基本逻辑控制指令和编程方法。

第 4 章为 PLC 全自动洗衣机控制系统,深入探讨了计数器、定时器的应用,以及功能块(FB)和功能(FC)的使用,并总结了 PLC 程序设计中应注意的问题,同时利用顺序功能图思想,以梯形图方式实现洗衣机顺序控制。

第 5 章为 PLC 聚料架控制系统,重点介绍了顺序功能图的绘制原则及 S7-GRAPH 编程语言,并利用顺序功能图的梯形图实现了 PLC 聚料架的控制,利用 S7-PLCSIM 进行仿真调试。

第 6 章为 PLC 切断机定长切断控制系统,重点介绍了高速计数功能在定长切断中的运用。

第 7 章为 PLC 机械手控制系统,重点阐述了如何利用西门子 PLC 集成脉宽调制模块 SFB49、位置控制模块 FM353 实现步进电动机的控制。

第 8 章为 PLC 污水处理控制系统,重点讲解了 WinCC Flexible 的项目建立、界面设计和脚本编程。

第 9 章为 PLC 挤出机控制系统,重点介绍了利用 WinCC 组态软件实现上位机与 PLC 进行通信,以及组态界面的建立、归档、报警等。

第 10 章为 PLC 橡胶制品生产线控制系统,重点讲述了西门子 PLC 的 PROFIBUS、MPI 通信。

第 11 章为 PLC 三轴运动控制系统,简要介绍了三轴运动控制系统的组成及控制工艺,详细讲解了三轴运动控制系统的硬件和软件控制系统的设计,并重点阐述了 PLC 控制步进电

动机的方法以及 S7-1200 的脉冲发生器功能指令的组态及应用方法。

第 12 章为西门子连铸机二冷水控制系统，介绍连铸机二冷水控制系统设计方法，FC105、FC106 的参数设置，PID 参数整定等。

本书第 1~11 章由罗萍、岂兴明编写，第 12 章由林海波编写。另外龚晓光、钦政、任春旺、高奇峰等也参与了本书的编写工作，在此一并感谢。由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

2018 年 6 月

目 录

第 1 章 西门子 PLC 概述	1
1.1 PLC 概念及工作原理	1
1.1.1 PLC 的产生与发展	1
1.1.2 PLC 的工作原理	2
1.2 西门子 PLC 简介	3
1.3 PLC 系统硬件结构	3
1.4 PLC 的指令系统	6
1.5 开发环境介绍	8
1.6 本章小结	10
第 2 章 PLC 控制系统设计	11
2.1 PLC 控制系统概述	11
2.2 PLC 控制系统设计原则	11
2.3 PLC 控制相关知识点	12
2.3.1 PLC CPU 选型	13
2.3.2 PLC 扩展模块选型	15
2.3.3 控制系统传感器选型	16
2.3.4 控制系统执行器及控制器选型	16
2.3.5 PLC 分配表及外部接线图	17
2.4 PLC 控制系统软件设计	18
2.4.1 PLC 程序设计方法	18
2.4.2 PLC 组态界面设计方法	19
2.4.3 PLC 控制系统可靠性设计	20
2.5 PLC 控制系统调试	25
2.5.1 模拟调试	25
2.5.2 现场调试	27
2.6 本章小结	27
第 3 章 PLC 运料小车控制系统	28
3.1 系统工艺及控制要求	28
3.2 相关知识点	28
3.2.1 S7-300/400 PLC 简介	28

3.2.2	西门子 STEP7 编程软件	31
3.2.3	PLC 控制系统设计方法	37
3.2.4	相关编程指令	38
3.3	控制系统硬件设计	45
3.4	控制系统软件设计	47
3.4.1	系统资源分配	47
3.4.2	系统软件设计	47
3.5	S7-PLCSIM 仿真	53
3.6	本章小结	58
第 4 章	PLC 全自动洗衣机控制系统	59
4.1	系统工艺及控制要求	59
4.2	相关知识点	60
4.2.1	计数器指令	60
4.2.2	赋值指令	61
4.2.3	转换指令	62
4.2.4	比较指令	63
4.2.5	移位和循环指令	64
4.2.6	数据运算指令	65
4.2.7	程序控制指令	67
4.2.8	系统程序结构及功能块 (FB) 和功能 (FC)	68
4.3	控制系统硬件设计	70
4.3.1	控制系统硬件选型	70
4.3.2	控制系统硬件组态	71
4.4	控制系统软件设计	72
4.4.1	系统资源分配	72
4.4.2	系统软件设计	72
4.5	本章小结	83
第 5 章	PLC 聚料架控制系统	84
5.1	系统工艺及控制要求	84
5.2	相关知识点	85
5.2.1	顺序功能图	85
5.2.2	S7-GRAPH 编程	85
5.2.3	博途简介	88
5.2.4	三相异步电动机	88
5.2.5	变频器	89
5.3	控制系统硬件设计	90
5.3.1	控制系统硬件选型	90

5.3.2	PLC I/O 分配	93
5.4	控制系统软件设计	94
5.4.1	系统资源分配	94
5.4.2	控制流程图	95
5.4.3	系统软件设计	96
5.4.4	HMI 界面组态	105
5.4.5	仿真与调试	106
5.5	本章小结	110
第 6 章	PLC 切断机定长切断控制系统	111
6.1	系统工艺及控制要求	111
6.2	相关知识点	112
6.2.1	高速计数模块	112
6.2.2	高速计数指令	115
6.2.3	中断处理与组织块 (OB)	116
6.3	控制系统硬件设计	118
6.3.1	控制系统硬件选型	118
6.3.2	控制系统硬件组态	121
6.4	控制系统软件设计	122
6.4.1	系统资源分配	122
6.4.2	系统软件设计	123
6.5	本章小结	130
第 7 章	PLC 机械手控制系统	131
7.1	系统工艺及控制要求	131
7.2	相关知识点	132
7.2.1	直流电机	132
7.2.2	步进电动机	133
7.2.3	脉宽调制功能块	135
7.2.4	定位模块 FM353	138
7.3	控制系统硬件设计	142
7.3.1	控制系统硬件选型	142
7.3.2	控制系统硬件组态	144
7.4	控制系统软件设计	145
7.4.1	系统资源分配	145
7.4.2	系统软件设计	146
7.5	采用定位模块控制	158
7.5.1	控制系统硬件选型	158
7.5.2	控制系统硬件组态	159

7.5.3 相关软件编程	162
7.6 本章小结	164
第 8 章 PLC 污水处理控制系统	165
8.1 系统工艺及控制要求	165
8.2 相关知识点	166
8.2.1 触摸屏	166
8.2.2 WinCC Flexible	167
8.3 控制系统硬件设计	168
8.4 控制系统软件设计	171
8.4.1 系统资源分配	171
8.4.2 系统软件设计	171
8.5 本章小结	182
第 9 章 PLC 挤出机控制系统	183
9.1 系统工艺及控制要求	183
9.1.1 挤出机的构成	183
9.1.2 双螺杆挤出机的主要技术参数	185
9.1.3 双螺杆挤出机的控制启动步序	185
9.2 相关知识点	186
9.2.1 WinCC 简介	186
9.2.2 WinCC 界面	187
9.3 控制系统硬件设计	189
9.4 控制系统软件设计	190
9.5 本章小结	205
第 10 章 PLC 橡胶制品生产线控制系统	206
10.1 系统工艺及控制要求	206
10.2 相关知识点	207
10.2.1 西门子 PLC 网络通信技术	207
10.2.2 AS-Interface	208
10.2.3 点对点连接	209
10.2.4 MPI 通信	209
10.2.5 PROFIBUS 通信	210
10.2.6 工业以太网通信	214
10.3 控制系统硬件设计	215
10.3.1 ET200S 配置	216
10.3.2 系统硬件组态	220
10.4 控制系统软件设计	221

10.4.1	通信子程序	221
10.4.2	生产线急停控制程序	224
10.5	PLC 主站与从站的通信实例	227
10.5.1	S7-300 与 S7-400 之间通过 MPI 通信	227
10.5.2	S7-400 (主站) 与 S7-300 (从站) PROFIBUS-DP 连接	231
10.6	本章小结	234
第 11 章	PLC 三轴运动控制系统	235
11.1	系统工艺及控制要求	235
11.2	相关知识点	237
11.2.1	驱动元件	237
11.2.2	步进电动机	237
11.2.3	控制器	238
11.2.4	脉宽调制功能块	239
11.2.5	定位方式	243
11.3	控制系统硬件设计	243
11.3.1	控制系统硬件选型	243
11.3.2	控制系统硬件组态	246
11.4	控制系统软件设计	249
11.4.1	控制流程设计	249
11.4.2	系统资源分配	253
11.4.3	系统软件设计	255
11.4.4	程序运行监控	272
11.5	本章小结	273
第 12 章	西门子连铸机二冷水控制系统	274
12.1	连铸机二冷水系统简介及工艺流程分析	274
12.1.1	连铸机二冷水系统简介	274
12.1.2	连铸机二冷水系统工艺流程分析	275
12.2	相关知识点	278
12.2.1	PID 闭环控制基本原理	278
12.2.2	PID 控制的参数整定	278
12.2.3	PID 功能块指令	284
12.2.4	I/O 模块	287
12.3	连铸机二冷水系统基础自动化简介	296
12.3.1	连铸机二冷水系统检测仪表简介	296
12.3.2	连铸机二冷水系统控制执行元件简介	296
12.4	连铸机二冷水系统控制系统硬件设计	297
12.4.1	连铸机二冷水系统控制系统硬件选型	297

12.4.2	连铸机二冷水系统控制系统硬件组态	298
12.5	连铸机二冷水系统控制系统软件设计	299
12.5.1	连铸机二冷水系统控制系统软件设计	299
12.5.2	连铸机二冷水系统流量 PID 控制	302
12.5.3	连铸机二冷水系统喷头控制	302
12.6	本章小结	305
参考文献		306

第 1 章 西门子 PLC 概述

可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, 简称 PLC) 始于 20 世纪 60 年代美国通用汽车公司提出的“通用十条”要求, 最初的目的是替代机械开关装置 (继电模块), 用于逻辑控制。随着技术的发展, 到 20 世纪 70 年代后期, 可编程逻辑控制器具有了计算机的功能, 因而被称为可编程控制器 (Programmable Controller, 简称 PC), 为了避免与个人计算机的简称 PC 相互混淆, 通常人们仍习惯地用 PLC 作为可编程逻辑控制器的缩写。PLC 在传统电气控制技术的基础上, 融合了电子技术、计算机技术、自动化技术和通信技术, 具有编程简单、使用方便、功能强大、配置灵活、可靠性高、易于维护等优点, 因而得以在石化、电力、纺织、食品、机械乃至航空航天等领域获得广泛应用。

1.1 PLC 概念及工作原理

根据国际电工委员会 (IEC) 于 1987 年颁布的 PLC 标准草案第三稿, PLC 的定义是: “PLC 是一种数字运算操作的电子系统, 专门为在工业环境下应用而设计。它采用可程序的存储器, 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输出, 控制各种类型的机械设备或生产过程。PLC 及其有关外围设备, 都应按易于与工业系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则来设计。”

1.1.1 PLC 的产生与发展

美国的汽车工业的发展促进了 PLC 的产生, 20 世纪 60 年代, 美国通用汽车公司 (GM) 发现继电器和接触器体积大、噪声大、维护复杂并且可靠性不强, 于是提出了著名的“通用十条指标”, 即:

- 1) 编程方便, 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;
- 5) 可将数据直接送入管理计算机;
- 6) 在成本上可与继电器控制柜竞争;
- 7) 输入为交流 115V;
- 8) 输出为交流 115V/2A 以上, 能直接驱动电磁阀、接触器等;
- 9) 在扩展时原有系统改变最少;
- 10) 用户程序存储器至少可扩展到 4KB。

按照“通用十条指标”，美国设备公司(DEC)于1969年研制出了第一台控制器，PDP-14。随后，20世纪70年代日本研发出第一台可编程控制器。20世纪70年代末期，可编程逻辑控制器进入了实用化的阶段，人们敏锐地意识到计算机能够引入可编程逻辑控制器，从而使得可编程逻辑控制器的功能大大地加强。20世纪80年代初，西方发达国家在工业生产中广泛应用可编程逻辑控制器。20世纪80年代到90年代这一阶段是可编程逻辑控制器发展最快的时期，年增长率保持在30%~40%。20世纪末期，可编程逻辑控制器发展了大型机和超小型机，诞生了许多特殊功能。

1.1.2 PLC 的工作原理

PLC 是一种存储程序的控制器，需要根据用户的要求，将编制好的程序通过计算机下载到 PLC 的用户程序存储器中寄存。PLC 的控制功能就是通过运行用户程序实现的。

PLC 和微型计算机的运行程序不同，微型计算机运行程序时，是从开始执行到 END 指令。但是 PLC 从 0 号存储地址所存放的第一条用户程序开始，如果没有中断或者跳转的情况下，按存储地址递增的方向顺序逐条执行用户程序，直到结束。当程序执行完一遍后，然后再从头开始执行，并且循环重复，直到停机。PLC 的这种工作方式我们称为扫描工作方式。每执行完一遍就是一个扫描周期，即顺序扫描，不断循环。

PLC 扫描工作方式分为 3 个阶段，即输入扫描、程序执行和输出刷新 3 个阶段。完成上述 3 个阶段称作一个扫描周期，如图 1-1 所示。在整个运行期间，可编程逻辑控制器的 CPU 以一定的扫描速度重复上述 3 个阶段。

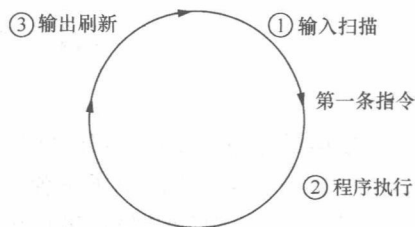


图 1-1 PLC 内部运行图

1. 输入扫描

PLC 在开始执行程序时，会按顺序将所有输入信号读入输入映像寄存器，这个阶段称为输入扫描，也称为输入采样阶段。PLC 在运行程序时，处理输入映像寄存器中的信息。在每一个周期内采样结果不会改变，只有在下一个周期输入扫描阶段才会被刷新。

2. 程序执行

PLC 将所有输入状态采集完毕后即开始执行程序，在系统程序的指示下，CPU 从用户程序存储区逐条读取用户指令，进行运算处理，把处理结果写入输出映像寄存器中保存。经解释后执行相应动作，产生相应结果，刷新相应的输出映像寄存器，期间需要用到输入映像寄存器、输出映像寄存器的响应状态。

当 CPU 在系统程序的管理下扫描用户程序时，按照先下后上、先左后右的顺序依次读取梯形图中的指令。当用户程序被完全扫描一遍后，所有的输出映像都被依次刷新，系统将进入下一个阶段，即输出刷新。

3. 输出刷新

在这个阶段，系统程序将输出映像寄存器中的内容传送到输出锁存器中，经过输出接口或输出端子输出，驱动外部负载。输出锁存器一直将状态保持到下一个循环周期，而输出映

像寄存器的状态在程序执行阶段是动态的。

PLC 信号处理过程如图 1-2 所示。

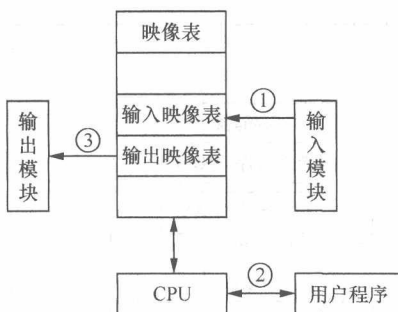


图 1-2 PLC 信号处理图

1.2 西门子 PLC 简介

西门子公司从 1958 年开始发布 SIMATIC 系列 PLC。到 1975 年，西门子公司发布了投入市场的第一代产品，带有简单操作接口的二进制控制器的 SIMATIC S3。1994 年，西门子公司发布了 S7 系列产品，该系列产品具有高性能、高稳定性能、用户界面良好等优点。

从最初的 C3、S3、S5 到 S7 系列，西门子公司的一代产品都带来了新的功能，逐渐成为应用非常广泛的可编程逻辑控制器。西门子公司早期发布的产品 S3、S5 系列 PLC 已经退出市场，现阶段，市场上较为常用的西门子 PLC 产品有 SIMATIC S7、M7 和 C7 等几大系列。其中传统意义上的 PLC 产品——S7 系列 PLC 则成为了西门子公司核心的可编程逻辑控制器。

其中 S7-200 系列属于整体式小型 PLC，用于替代继电器的简单场合，也可以用于复杂的自动控制系统。S7-300 系列是模块化的中小型 PLC，最多可扩展 32 个模块，适用于中等性能的控制要求。S7-400 是具有中高性能的 PLC，采用模块化无风扇设计，可以扩展 200 多个模块，适用于对可靠性要求极高的大型复杂控制系统。S7-300/400 可以组成 MPI（多点接口）、PROFIBUS 网络和工业以太网等。

总体而言，西门子 PLC 具有很强的操作性，不仅编程简单，而且可以直接显示输入程序，能方便地调试程序；同时维修方便、快捷，模块化强，采用了一系列可靠性设计的方法，如断电保护、故障诊断、信息恢复等；一般不容易发生操作错误。若出现故障，可使用 PLC 自诊断功能通过软硬件寻找故障位，因此对专业的维修人员技能要求降低。

1.3 PLC 系统硬件结构

PLC 的硬件主要由中央处理器（CPU）、存储器、输入单元、输出单元、通信接口、扩展接口、电源等部分组成。其中，CPU 是 PLC 的核心，输入单元与输出单元是连接现场输

入/输出设备与 CPU 之间的接口电路, 通信接口用于与编程器、上位计算机等外设连接, 如图 1-3 所示。

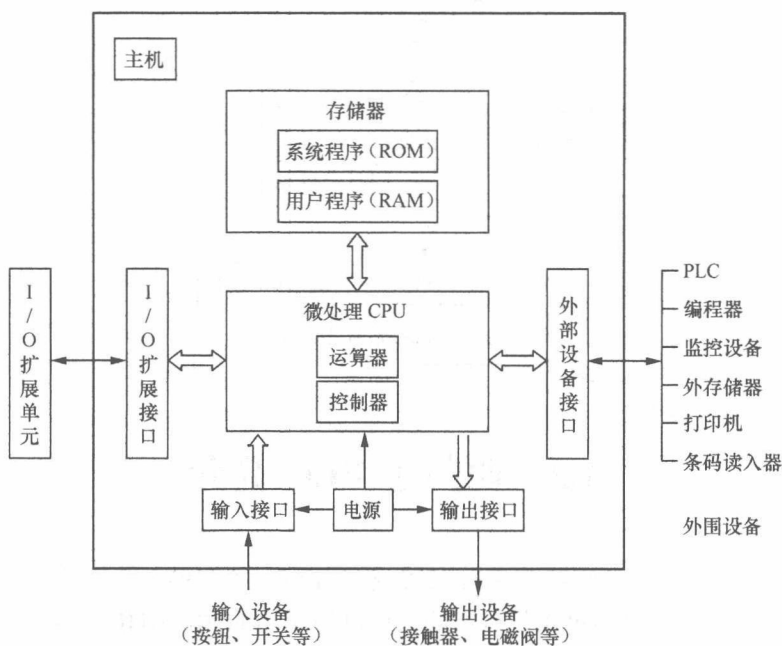


图 1-3 整体式 PLC 组成框图

1. 中央处理单元 (CPU)

中央处理单元 (CPU) 是 PLC 控制的核心, 每台 PLC 至少有一个 CPU。CPU 主要由运算器、控制器、寄存器及实现他们之间联系的数据、控制及状态总线构成, 此外还包括外围芯片、总线接口以及有关电路。CPU 确定了控制的规模、工作速度、内存容量等。

CPU 按照系统程序赋予的功能, 指挥 PLC 有条不紊地进行工作, 归纳起来主要有以下几个方面。

- (1) 接收从编程器输入的用户程序和数据。
- (2) 诊断电源、PLC 内部电路的工作故障和编程中的语法错误等。
- (3) 通过输入接口接收现场的状态和数据, 并存入输入映像寄存器或数据寄存器中。
- (4) 从存储器逐条读取用户程序, 经过解释执行。
- (5) 根据执行的结果, 更新有关标志位的状态和输出映像寄存器的内容, 通过输出单元实现输出控制。有些 PLC 还具有制表打印或数据通信等功能。

2. 存储器单元

存储器一般有两种: 可读可写的随机存储器 RAM 和只读存储器 ROM、PROM、EPROM、EEPROM。在 PLC 中, 存储器主要用于存放系统程序、用户程序及工作数据。系统程序存储器用于存储整个系统的监控程序, 一般为 ROM, 具有掉电不丢失信息的特性。用户程序存储器用于存储用户根据工艺要求或控制功能设计的控制程序, 早期一般采用 RAM, 但需要

后备电池,以便在掉电后保存程序。现在多采用电可擦除的可编程只读存储器 EEPROM 或闪存 Flash Memory,免去了后备电池的麻烦。工作寄存器中的数据是 PLC 运行过程中经常变化、经常存取的一些数据,存放在 RAM 中,以适应随机存储的要求。

PLC 的存储器分为 5 个区域,如图 1-4 所示。

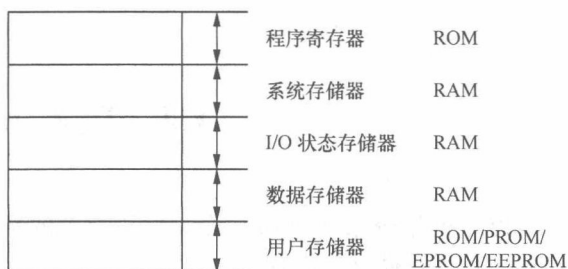


图 1-4 存储器区域划分图

3. 输入/输出单元

输入/输出单元通常也称为 I/O 单元或 I/O 模块,是 PLC 与工业生产现场之间的连接部件。

输入单元的作用是将不同的电压、电流形式的信号转变为微处理器可以接受的信号。输入单元对输入信号进行滤波、隔离和电平转换等,把输入信号的逻辑值安全可靠地传递到 PLC 内部。

输出单元的作用是将微处理器处理的逻辑信号转变为被控制设备所需的电压、电流信号。输出单元具有隔离 PLC 内部电路和外部执行元件的作用以及功率放大的作用。

其中,PLC 的输入输出信号可以是模拟量也可以是开关量。

由于 CPU 内部工作电压一般为 5V,而 PLC 外部输入/输出信号电压一般比较高,如 DC 24V 或 AC 220V。为保障 PLC 正常工作,输入/输出单元还具有电平转换的作用。

4. 电源单元

PLC 电源单元是指外部输入的交流电处理后转换成满足 CPU、存储器、输入/输出接口等内部电路工作需要的直流电源电路或电源模块。有些电源也可以作为负载电源,通过 PLC 的 I/O 接口向负载提供直流 24V 电源。PLC 的电源一般采用直流开关稳压电源,稳定性好,抗干扰能力强。电源单元的输入与输出之间有可靠的隔离,以确保外界的扰动不会影响到 PLC 的正常工作。

电源单元还提供掉电保护电路和后备电池电源,以维持部分 RAM 存储器的内容在外接电源断电后不会丢失。在控制面板上通常有发光二极管指示电源的工作状态,便于判断电源工作是否正常。

5. 外部设备

PLC 的外部设备种类很多,其中主要可分为编程设备、监控设备、存储设备和输入/输出设备。其中编程设备作用是编辑、调试程序,也可以在线监控 PLC 的运行状态,与 PLC 进行人机对话。监控设备的作用在于将 PLC 上传的现场实时数据在面板上动态实时显示出来,以便操作人员和技术人员随时掌控系统运行的情况,操作人员能通过监控设备向 PLC 发送操控指令。存储设备用于保存用户数据,避免用户程序丢失。输入输出设备是用于接收和输出信号的专用设备,如条码读入器、打印机等。

1.4 PLC 的指令系统

PLC 的指令系统是 PLC 全部编程指令的集合。除基本指令外,整个指令系统也涉及程序结构、数据存储区和编程语言。

1. 程序结构

PLC 的程序有 3 种:主程序、子程序、中断程序。其中主程序是程序的主体,一个项目只有唯一的一个主程序。主程序中可以调用子程序和中断程序,CPU 在每一个扫描周期都要运行一次主程序。子程序可以被其他程序调用,使用子程序可以提高编程效率而且便于移植。中断程序是用来处理中断事件,而且中断程序不能被用户调用,而是由中断事件引发的。常见的中断有输入中断、定时中断、高速计数器中断和通信中断。

2. 数据存储区

数据区是用户程序执行过程中的内部工作的区域,用于对输入/输出数据进行存储。包括输入映像寄存器(I)、输出映像寄存器(Q)、变量存储器(V)、内部标准寄存器(M)、顺序控制继电器存储器(S)、特殊标志位寄存器(SM)、局部存储器(L)、定时器寄存器(T)、计数器存储器(C)、模拟量输入映像寄存器(AI)、模拟量输出映像寄存器(AQ)、累加器(AC)和高速计数器(HC)。

3. 编程语言

PLC 有各种不同类型的语言,即使是同一种编程语言在不同类型的 PLC 上也有不同的表示方法。PLC 指令的功能及其表示方法是由各制造厂家在其进行系统设计时分别确定下来的,所以各种类型的 PLC 的指令系统存在一定的差异。

PLC 编程语言标准(IEC 61131-3)中有 5 种编程语言。

- (1) 顺序功能图 SFC (Sequential Function Chart);
- (2) 梯形图 LADDER (Ladder Diagram);
- (3) 功能块图 FBD (Function Block Diagram);
- (4) 语句表 STL (Structured Instruction List);
- (5) 结构文本 ST (Structured Text)。

其中的顺序功能图(SFC)、梯形图(LADDER)、功能块图(FBD)是图形编程语言,语句表(STL)、结构文本(ST)是文字语言。

4. 指令系统

本书中重点介绍的西门子公司 PLC 对应的 STEP 7 中的编程语言有梯形图、语句表和功能块图 3 种基本编程语言,可以相互转换。

STEP 7 的基本逻辑指令有位逻辑指令、堆栈指令、定时器和计数器指令;基本功能指令