

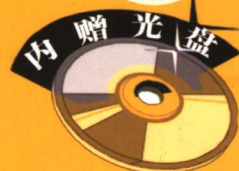
西门子

柴瑞娟 陈海霞 编著

PLC编程技术 及工程应用



11



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

西门子 PLC 编程技术 及工程应用

柴瑞娟 陈海霞 编著

马正午 主审



机械工业出版社

西门子 S7-300 及 S7-400 是面向系统解决方案的通用型 PLC，其应用相当广泛。

本书主要内容为：S7-300 及 S7-400 系统概述，介绍了 S7-300 和 S7-400 的工作原理、硬件结构、安装配置及模块特性，使读者对 PLC 系统的体系架构有一定的了解；STEP 7 的编程环境、硬件组态及调试方法；基于 IEC61131-1 的编程语言及先进的编程技术：顺序功能图（S7 Graph）和状态图（S7 HiGraph）；组织块和系统功能块的作用；工程设计步骤与工程实例。通过大量的实验案例和真实的工程实例使学习和实践能融会贯通。通过实用编程技术的介绍，提供易于交流的平台和清晰的编程思路。随书还将附赠学习光盘一张。

本书注重实用效果，可供工程技术人员自学和参考，也可作为高等院校本科自动化及相关专业的参考教材。

图书在版编目（CIP）数据

西门子 PLC 编程技术及工程应用/柴瑞娟，陈海霞编著. —北京：机械工业出版社，2006.8

ISBN 7-111-19599-X

I . 西 ... II . ①柴 ... ②陈 ... 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（2006）第 080556 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：贡克勤 版式设计：冉晓华 责任校对：李秋荣

封面设计：陈 沛 责任印制：杨 曦

北京机工印刷厂印刷

2006 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 21 印张 · 521 千字

定价：38.00 元（含 1CD）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话（010）68326294

编辑热线电话（010）88379711

封面无防伪标均为盗版

序

从1969年美国数字公司研制出的第一代可编程序控制器开始,可编程序控制器技术取得了令人瞩目的成就,成为当今自动化领域中高速发展不断创新的一门学科。随着技术的日益成熟,可编程序控制器已逐步发展成以微处理器技术为核心、集计算机技术、自动化控制技术及通信技术于一体的工业控制装置。与网络技术及组态软件技术的配合,可编程序控制器的应用如虎添翼。

可编程序控制器在工业领域的应用非常广泛,既有单机作为继电器逻辑电路的替代品,又有作为控制设备的核心部件。随着自动化程度的提高,它既可以作为现场控制的部件,又可以作为现场更高一级管理的控制部件。随着网络技术的发展,作为成熟技术,可编程序控制器已被广泛应用到机械、冶金、化工、石化、水泥、食品饮料、制药等各个领域,极大地提高了劳动生产率和自动化程度。

西门子是中国多个业务领域的领先工业解决方案供应商,在制造业自动化、流程工业自动化、运动控制、驱动、低压控制以及电气安装技术方面提供了各类创新、可靠、高效和优质的产品。并全面提供系统的解决方案和服务。产品涵盖范围广,在信息与通信、自动化与控制、电力、交通、医疗、照明等各个行业领域处于领先优势。

西门子 SIMATIC-Controller 控制器技术,能够不断融入新技术、新方法、推陈出新,并进一步在 e-制造和 e-控制技术方面进行新的突破,新的产品不断涌现,为各种各样的自动化控制设备提供了非常可靠的控制与应用。近年来,西门子控制器为众多的大学和职业教育机构所接受。

作为一本不可多得的好书,《西门子 PLC 编程技术及工程应用》详细介绍了 PLC 的几种先进的实用编程技术:如顺序功能图(Sequential Function Charts)和状态图(State Graph)等,其严格的编程思路能够避免设计系统的不完善性,提高自动化工程师的工作效率,缩短项目的开发周期。本书重点介绍了系统性编程技术,并大胆地尝试以实际工程项目为基础,详细阐述了工程设计步骤及内容。

希望《西门子 PLC 编程技术及工程应用》一书能为更多的工程技术人员和广大的学生提供帮助和支持。使读者能够尽快掌握 PLC 的基础及应用技术,并尽快应用于工程设计中,缩短学习和工程应用之间的距离。

西门子(中国)有限公司自动化与驱动集团自动化系统部总经理

安晓杰

前 言

可编程序控制器 (PLC) 是计算机家族中的一员, 它是为工业控制应用而设计制造的综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术的一种新型的、通用的自动控制装置。PLC 以其功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于编程以及适于在工业环境下应用等一系列优点, 成为工业控制领域中增长速度最迅猛的工业控制设备。PLC 已经成为现代工业自动化的三大支柱之一。

目前, PLC 产品大致可分为美国、欧洲国家、日本三大流派。据统计, 德国西门子公司 PLC 在我国 PLC 市场上的占有量已经超过 30%, 特别是西门子公司推出的 S7-300/400 系列的 PLC 以其功能强大、性价比高等特点而深受国内用户的欢迎。为了使用户更易于了解并尽快地掌握西门子 S7-300/400 系列 PLC 的性能和特点, 并更好地应用于实践中去, 编写一本基于西门子 S7-300/400 系列 PLC 的书籍是十分必要的。

本书以德国西门子公司 S7-300/400 系列 PLC 为主线, 以 STEP 7 编程系统为平台, 系统介绍了 PLC 的基础理论、编程方法以及在工业中的应用等知识。新颖、实用、易读是本书的编写宗旨。为了便于教学和自学, 本书还精心编写了大量的例题及其实现程序, 而且每一个程序都用仿真软件 PLCSIM 或 PLC 上做了验证。在本书的光盘中不仅包括例题的实现程序, 还包括大量西门子 S7-300/400 系列 PLC 的参考资料。

在编写本书过程中, 编者力求做到语言流畅、叙述清楚、讲解细致, 所有内容都立足于实际应用和教学, 并融入编者的经验和成果。本书详尽地叙述了 PLC 控制系统所需要的多种知识, 全书共分为 9 章。前三章是基础知识, 主要介绍 PLC 的由来、特点和工作原理, S7-300/400 系列 PLC 的特点及功能, 以及 STEP 7 编程软件的使用; 第 4 章以不同的编程语言, 通过大量的例题说明 PLC 的各种编程指令的使用; 第 5 章首次较为全面地总结了 STEP 7 的调试方法; 第 6 章详细介绍了先进的编程技术思想: 顺序功能图 (S7 Graph) 和状态图 (HiGraph); 第 7 章和第 8 章介绍了结构化编程方法以及组织块及系统功能的用法; 第 9 章以一个具体的工程实例说明 PLC 控制系统的设计、实现及上位机的监控。

本书第 4、6、7 章由柴瑞娟编写, 其余各章由陈海霞编写。ASEA 办公室主任马正午教授担任本书的主审, 西门子 (中国) 有限公司自动化与驱动集团自动化系统部总经理安晓杰先生在百忙之中为本书写了序, 在此表示感谢! 本书在编写过程中得到了西门子 (中国) 有限公司自动化与驱动集团自动化系统部大学合作部经理杨大汉先生的大力支持, 同时得到了三江学院西门子自动化示范实验室的硬件支持以及南京水利水电自动化研究所任庆海工程师的大力帮助, 再次表示衷心的感谢!

由于编者的水平有限, 错误和疏漏在所难免, 恳请读者不吝指正。

作者 E-mail 地址: nj_chx@126.com。

作 者

2006 年 7 月

目 录

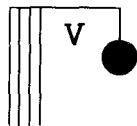
序 前言

第 1 章 PLC 入门	1
1.1 概述	1
1.1.1 PLC 的发展史	1
1.1.2 PLC 的主要特点	2
1.1.3 PLC 的主要应用	3
1.2 传统继电器控制与 PLC 控制	4
1.2.1 用传统继电器方法控制交流 电动机的正反转	4
1.2.2 PLC 控制交流电动机正反转	5
1.3 两种方法的比较	12
习题	13

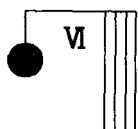
第 2 章 S7-300/400 结构体系和特点	14
2.1 概述	14
2.1.1 “全集成”概念	14
2.1.2 S7-300 系列 PLC 的基本功能	16
2.1.3 S7-400 系列 PLC 的基本功能	17
2.1.4 PLC 的基本构成	17
2.2 PLC 的工作原理	19
2.2.1 PLC 的工作方式	19
2.2.2 PLC 的基本结构	19
2.2.3 PLC 的工作原理	20
2.2.4 循环时间和响应时间	21
2.3 CPU 模块	22
2.3.1 CPU 的分类	22
2.3.2 CPU 的面板	23
2.3.3 CPU 的存储器	24
2.4 S7-300 系列 PLC 的信号模块	25
2.4.1 数字量模块	25
2.4.2 模拟量模块	26
2.4.3 数字量仿真模块 SM374	28
2.5 S7-300 系列 PLC 的特殊模块	29
2.5.1 通信处理模块 CP 34x	29
2.5.2 计数器模块 FM350 和 CM35	29

2.5.3 位置控制与位置检测模块 FM 35x	29
2.5.4 闭环控制模块 FM 355	30
2.5.5 称重模块 SIWAREX	30
2.6 硬件模块的安装	31
2.6.1 安装导轨 (RACK)	31
2.6.2 安装模块	31
2.6.3 接线	32
2.7 地址	33
2.7.1 存储区中的地址及格式	33
2.7.2 基于槽编址的模块地址	34
2.7.3 用户编址的模块地址	34
习题	35

第 3 章 STEP 7 的使用	36
3.1 概述	36
3.2 安装与卸载 STEP 7	37
3.2.1 系统配置要求	37
3.2.2 STEP 7 的授权	37
3.2.3 安装 STEP 7	38
3.2.4 STEP 7 的硬件接口	39
3.2.5 卸载 STEP 7	39
3.3 SIMATIC 管理器	39
3.4 设置 PG/PC	40
3.5 硬件组态	43
3.5.1 硬件组态步骤	43
3.5.2 参数设置	46
3.5.3 下载和上传	47
3.5.4 硬件组态目录的更新	49
3.6 网络组态	50
3.6.1 概述	50
3.6.2 网络组态方法	51
3.6.3 网络组态的硬件下载	56
3.6.4 网络通信的检测	56
3.7 软件编程	57
3.7.1 程序编辑器界面	57
3.7.2 使用程序编辑器	58



3.7.3 变量与符号	58	4.8.2 程序控制指令	122
3.8 程序归档	60	4.8.3 主控继电器指令	124
3.9 如何使用 STEP 7 软件的在线帮助	60	习题 III	125
3.9.1 查找某个关键字或功能	60	4.9 应用实例	126
3.9.2 了解某个逻辑块 FB/FC/SFB/SFC 的功能及管脚的定义	61	4.9.1 常用指令的综合用法	126
3.9.3 应用方法	61	4.9.2 ET200M 的使用	131
习题	61	4.9.3 变频器的使用	136
第 4 章 编程语言	62	第 5 章 调试方法	147
4.1 概述	62	5.1 利用 LED 指示灯调试	147
4.2 STEP 7 编程语言的程序结构	63	5.2 硬件组态的调试	148
4.2.1 用户块	63	5.2.1 下载硬件组态时的调试	148
4.2.2 系统块	64	5.2.2 建立在线连接	149
4.3 指令结构	64	5.2.3 利用“Module Information”工具调试	150
4.3.1 指令组成	64	5.2.4 硬件组态窗口中信号的检测与修改	151
4.3.2 数据类型及存储区	65	5.2.5 诊断符号	152
4.3.3 CPU 存储区	68	5.3 离线/在线程序块的比较	153
4.3.4 寻址方式	69	5.4 利用程序状态调试	154
4.3.5 状态字和逻辑操作过程	70	5.4.1 监控程序状态的前提	154
4.4 位逻辑指令	71	5.4.2 监视程序的状态	154
4.4.1 位逻辑运算指令	72	5.4.3 STL 程序的单步与断点调试	155
4.4.2 位操作指令	75	5.5 利用变量表调试	157
习题 I	80	5.5.1 变量表的功能	157
4.5 定时器与计数器指令	81	5.5.2 建立变量表	157
4.5.1 定时器	81	5.5.3 变量表的使用	158
4.5.2 计数器	92	5.6 利用“诊断缓冲区”调试	160
习题 II	95	5.7 参考数据 (Reference Data)	163
4.6 数据处理功能指令	96	5.7.1 参考数据的生成和显示方式	163
4.6.1 装载和传输指令	96	5.7.2 参考数据表的种类	164
4.6.2 比较指令	98	5.7.3 在程序中快速查找地址的位置	165
4.6.3 转换指令	103	5.8 结构化程序的调试	166
4.6.4 移位和循环移位指令	107	5.9 S7-PLCSIM 的应用	166
4.6.5 累加器操作和地址寄存器指令	110	5.9.1 S7-PLCSIM 介绍	166
4.7 数据运算指令	113	5.9.2 S7-PLCSIM 的使用方法	167
4.7.1 整数算术运算指令	113	5.9.3 S7-PLCSIM 的调试应用举例	168
4.7.2 浮点数学运算指令	114	5.9.4 仿真 PLC 与真实 PLC 的区别	169
4.7.3 字逻辑运算指令	116	习题	170
4.8 控制指令	117	第 6 章 编程技术	171
4.8.1 逻辑控制指令	117		



6.1 控制系统的基本设计步骤	172	第8章 组织块及系统功能的使用	256
6.1.1 分析和描述任务	172	8.1 组织块	256
6.1.2 确定控制策略	172	8.2 循环处理的主程序 OB1	257
6.1.3 决定运行方式	172	8.3 日期时间中断组织块 (OB10 ~ OB17)	259
6.1.4 控制系统的调试	173	8.3.1 概述	259
6.2 编程技术基础	173	8.3.2 应用方法	260
6.2.1 程序设计举例	174	8.3.3 应用实例	261
6.2.2 编程要求	176	8.4 延时中断组织块 (OB20 ~ OB23)	263
6.3 控制系统分析方法及系统建模	177	8.4.1 概述	263
6.3.1 控制系统分析方法	177	8.4.2 应用方法	264
6.3.2 系统建模	178	8.4.3 应用实例	265
6.3.3 工程实例	179	8.5 循环中断组织块 (OB30 ~ OB38)	266
6.4 顺序功能图 (SFC)	183	8.5.1 概述	266
6.4.1 顺序控制设计法和顺序功能 图基本概念	183	8.5.2 应用方法	266
6.4.2 顺序功能图的编程方法	188	8.5.3 应用实例	268
6.4.3 具有多种工作方式系统顺序功 能图的编程方法	196	8.6 硬件中断组织块 (OB40 ~ OB47)	268
习题 I	204	8.6.1 概述	268
6.4.4 MPS 工作站的设计	206	8.6.2 应用方法	269
6.5 状态图 (State Graph)	215	8.6.3 应用实例	270
6.5.1 状态图简介	215	8.7 异步错误组织块	272
6.5.2 状态图的建立方法及状态图的 程序实现	215	8.7.1 时间错误处理组织块 (OB80)	273
6.5.3 状态图应用实践	222	8.7.2 电源故障处理组织块 (OB81)	273
习题 II	237	8.7.3 诊断中断组织块 (OB82)	273
第7章 结构化编程	238	8.7.4 机架故障组织块 (OB86)	275
7.1 概述	238	8.7.5 通信错误组织块 (OB87)	279
7.1.1 程序设计方法	238	8.8 启动组织块 (OB100 ~ OB102)	279
7.1.2 块的含义及调用	239	8.9 同步错误组织块	280
7.1.3 块的结构	239	8.9.1 编程故障组织块 (OB121)	281
7.2 功能和功能块编程及调用举例	240	8.9.2 I/O 访问故障组织块 (OB122)	282
7.2.1 功能编程及举例	241	8.10 系统功能	283
7.2.2 功能块编程及举例	244	习题	292
7.3 FC 和 FB 程序设计实例	245	第9章 PLC 在实际工程中的应用	293
7.3.1 任务描述	245	9.1 PLC 控制系统设计的原则和内容	293
7.3.2 建立符号表	246	9.1.1 设计原则	293
7.3.3 生成电动机 FB	248	9.1.2 设计内容	293
7.3.4 生成阀门 FC	248	9.1.3 设计步骤	294
7.3.5 生成 OB1	250	9.2 PLC 控制系统的硬件设计	296
习题	254	9.2.1 PLC 的选型	296
		9.2.2 PLC 容量估算	297

9.2.3 I/O 模块的选择 298

9.2.4 通道分配 298

9.2.5 外部接线设计 299

9.3 PLC 控制系统软件设计 300

9.3.1 程序设计前的准备工作 300

9.3.2 程序框图设计 300

9.3.3 编写程序 301

9.3.4 程序测试 301

9.3.5 编写程序说明书 301

9.4 PLC 控制系统的抗干扰设计 301

9.4.1 抑制公共阻抗耦合干扰的措施 ... 301

9.4.2 抑制电容性干扰的措施 302

9.4.3 抑制电感性干扰的措施 302

9.4.4 抑制波阻抗耦合干扰的措施 302

9.5 系统调试与检查 302

9.5.1 系统调试步骤 302

9.5.2 系统调试方法 303

9.6 交流电动机正反转控制的工程应用

方法 304

9.6.1 工程应用基础 304

9.6.2 控制原理 305

9.7 PLC 系统工程应用实例 309

9.7.1 闸门自动监控系统 309

9.7.2 系统组成 309

9.7.3 系统总体设计 310

9.7.4 闸门自动监控系统工作内容 311

9.7.5 闸门控制方式设计 311

9.7.6 PLC 模块及其他设备的选型 311

9.7.7 控制原理图及设备接线图的设计 313

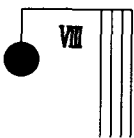
9.7.8 设备组柜与接线工作 319

9.7.9 PLC 软件编程设计与调试 319

9.7.10 上位机软件编程设计与调试 325

9.7.11 系统联调 325

参考文献 328



第 1 章 PLC入门

1.1 概述

1.1.1 PLC 的发展史

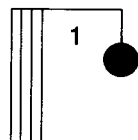
可编程序控制器 (Programmable Controller) 是计算机家族中的一员, 是为工业控制应用而设计制造的。早期的可编程序控制器称为可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller), 简称 PLC, 它主要用来代替继电器实现逻辑控制。随着技术的发展, 这种装置的功能已经大大超过了逻辑控制的范围。为了控制机器和生产过程又增加了功能, 比如顺序、时间、计数和算术等, 目前 PLC 已经广泛应用在复杂的自动化生产和控制行业中。

在 20 世纪 60 年代, 汽车生产流水线的自动控制系统基本上都是由继电器控制装置构成的。当时汽车的每一次改型都直接导致继电器控制装置的重新设计和安装。随着生产的发展, 汽车型号更新的周期愈来愈短, 这样, 继电器控制装置就需要经常地重新设计和安装, 十分费时、费工和费料, 甚至阻碍了更新周期的缩短。为了改变这一现状, 美国通用汽车公司在 1969 年公开招标, 要求用新的控制装置取代继电器控制装置, 并提出了十项招标指标, 要求编程方便, 现场可修改程序, 维修方便, 采用模块化结构等。1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 研制出第一台 PLC, 在美国通用汽车自动装配线上试用, 获得了成功。

这种新型的工业控制装置以其简单易懂、操作方便、可靠性高、通用灵活、体积小、使用寿命长等一系列优点, 很快在美国其他工业领域推广应用, 不久便成功地应用于食品、饮料、冶金、造纸等工业领域。这一新型工业控制装置的出现, 也受到了世界其他国家的高度重视。1971 日本从美国引进了这项新技术, 很快研制出了日本第一台 PLC。1973 年, 西欧国家也研制出它们的第一台 PLC。我国从 1974 年开始研制, 于 1977 年开始进入工业应用。

进入 20 世纪 80 年代以来, 随着大规模和超大规模集成电路等微电子技术的迅猛发展, 以 16 位和少数 32 位微处理器构成的微机化 PLC 得到了惊人的发展, 使得 PLC 在设计、性能价格比以及应用方面都有了新的突破, 不仅控制功能增强, 功耗和体积减小, 成本下降, 可靠性提高, 编程和故障检测更为灵活方便, 而且远程 I/O 和通信网络、数据处理以及图像显示的发展, 还包括方便的调试和测试工具、仿真工具等, 已经使 PLC 普遍用于控制复杂的连续生产过程。目前, 可编程序控制器已成为工厂自动化的三大支柱之一。

1987 年 2 月, 国际电工委员会 (IEC) 对可编程序控制器作了如下的定义: 可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统, 专为在工业环境下的应用而设计。它采用一类可编程程序的存储器, 用于其内部存储程序、执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术操作等面



向用户的指令，并通过数字式或模拟式输入/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有关外围设备，都按易于与工业控制系统组成一个整体、易于扩充功能的原则设计。

1.1.2 PLC 的主要特点

PLC 之所以应用如此广泛，与它优越的性能是分不开的。

1. 可靠性高、抗干扰能力强

在传统的继电器控制系统中，使用了大量的中间继电器、时间继电器等，由于器件的老化、脱焊、触点的抖动、接触不良等现象，大大降低了系统的可靠性。而在 PLC 控制系统中，大量的开关动作是由无触点的半导体电路完成的，因触点接触不良等原因造成的故障大为减少。

另外，PLC 在硬件和软件方面还采取了以下强有力的措施，来提高其可靠性。

硬件方面，对所有的 I/O 接口电路均采用光电隔离，使工业现场的外电路与 PLC 内部电路之间电气上隔离；各模块均采用屏蔽措施，以防止辐射干扰；采用性能优良的开关电源并对供电系统和各输入电路均采用多种形式的滤波，以消除或抑制高频干扰；对所选用的器件进行严格的筛选；多采用模块式结构，一旦某一模块有故障，可以迅速更换模块，从而尽可能缩短系统的故障停机时间。

软件方面，PLC 具有良好的自诊断功能，一旦电源或其他软、硬件发生异常情况，CPU 立即采取有效措施，以防止故障扩大；PLC 设置了监视定时器（Watching Dog），如果程序循环的执行时间超过了规定值，则表明程序已进入了死循环，可以立即报警。

对于大型 PLC 系统，还可以采用由双 CPU 构成冗余系统或由三 CPU 构成表决系统，使系统的可靠性更进一步提高。

2. 丰富的 I/O 接口模块

PLC 针对不同的工业现场信号，如：交流或直流、开关量或模拟量、电压或电流、脉冲或电位、强电或弱电等信号，都能选择到相应的 I/O 模块与之匹配。对于工业现场的器件或设备，如：按钮、行程开关、接近开关、传感器及变送器、电磁线圈、控制阀等设备都能选择到相应的 I/O 模块与之相连接。

另外为了提高 PLC 的操作性能，它还有多种人机对话的接口模块；为了组成工业控制网络，还配备了多种通信联网的接口模块等等。

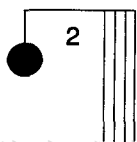
3. 采用模块化结构

为了适应各种工业控制需要，除了单元式的小型 PLC 以外，绝大多数 PLC 均采用模块化结构。PLC 的各个部件，包括 CPU、电源、I/O 等均采用模块化设计，由机架及电缆将各模块连接起来，系统的规模和功能可根据用户的需要自行组合。

4. 编程简单易学，系统的设计、调试周期短

PLC 的编程大多采用类似于继电器控制线路的梯形图形式，对使用者来说，不需要具备计算机的专门知识，因此很容易被一般工程技术人员所理解和掌握。另外，由于 PLC 是通过程序实现对系统的控制，所以设计人员可以在实验室里设计和修改程序，还可以在实验室方便地进行系统的模拟及运行调试，使现场的工作量大为减少。

5. 安装简单，维修方便



PLC 不需要专门的机房,可以在各种工业环境下直接运行。使用时只需将现场的各种设备与 PLC 相应的 I/O 端相连接,即可投入运行。

PLC 的故障率很低,且具有完善的自诊断和显示功能。当 PLC 或外部的输入装置和执行机构发生故障时,可以根据 PLC 各模块上的运行和故障指示装置或编程软件提供的信息,方便地查出故障的原因。由于采用模块化结构,因此一旦某一模块发生故障,用户可以通过更换模块的方法,使系统迅速恢复运行。

总之,可编程序控制器是一台计算机,它是专为工业环境应用而设计制造的。具有丰富的输入/输出接口,并且具有较强的驱动能力。但可编程序控制器产品并不针对某一具体工业应用,在实际应用时,其硬件需根据实际需要进行选用配置,其软件需根据控制要求进行设计编程。

1.1.3 PLC 的主要应用

PLC 的应用领域包括:专用机床、纺织机械、包装机械、通用机械工程应用、控制系统、机床、楼宇自动化、电器制造工业及相关产业等等。图 1-1 所示是汽车车体生产线,图中的汽车生产线日产量为:1000~1400 辆汽车,其中有 200 条传输线,1000 台焊接机器人,所用西门子 PLC 则多达 1600 套。图 1-2 所示为利用多台 PLC 控制的立体仓库。

总之,PLC 应用面广,功能强大,使用方便,已经成为当代工业自动化的主要支柱之一,在工业生产的所有领域得到了广泛的使用。

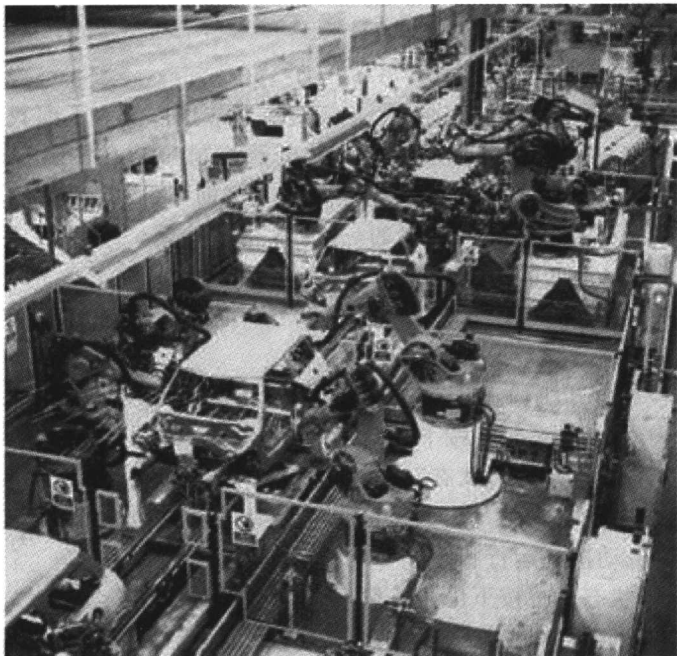


图 1-1 汽车车体生产线



图 1-2 立体仓库

1.2 传统继电器控制与 PLC 控制

在工业控制中，三相异步交流电动机的正反转控制应用广泛。下面我们以一个控制三相交流电动机正反转的例子了解两种控制方式：继电器控制和 PLC 控制。通过这个例子，我们既可以了解 PLC 控制取代继电器控制的优点，同时借助本例初步了解 STEP 7 的硬件组态过程和软件编程方式，从而达到入门的目的。

1.2.1 用传统继电器方法控制交流电动机的正反转

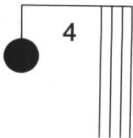
1. 控制要求

通过三个按钮控制电动机的正转、反转及停止，具体实现功能如下：

- 1) 当电动机处于停止状态时，按下正转按钮 SB1，电动机开始正转。若此时按下反转按钮 SB2，则并不改变电动机的运行状态。
 - 2) 当电动机处于停止状态时，按下反转按钮 SB2，电动机开始反转。若此时按下正转按钮 SB1，则并不改变电动机的运行状态。
 - 3) 在电动机运行状态下，按下停止按钮 SB3，则电动机停转。
- 控制要求很简单，但其中包含了正转按钮和反转按钮的自锁。

2. 元器件

三相交流异步电动机（1 台）、交流接触器（2 个）、熔断器（3 个）、端子排（2 个）、按钮 3 个。



其中交流接触器是用来频繁地遥控接通或断开交直流主电路及大容量控制电路的自动控制电器。接触器在电力拖动和自动控制系统中，主要控制对象是电动机，也可用于控制电热设备、电焊机、电容器组等其他负载。本例中的作用是正转和反转回路控制。按钮如前所述为正转、反转和停止按钮。

3. 控制原理

主回路原理图如图 1-3 所示，控制回路的原理图如图 1-4 所示。

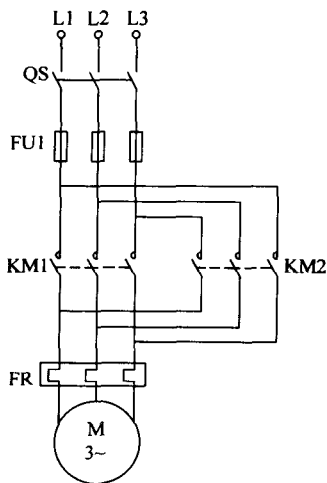


图 1-3 主回路原理图

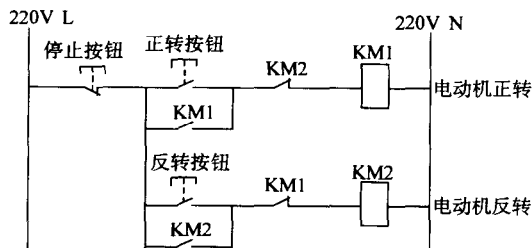


图 1-4 控制回路原理图

图 1-3 和图 1-4 中，KM1 和 KM2 分别代表电动机正转和反转的交流接触器的线圈及触点，“停止按钮”为常闭按钮，“正转按钮”和“反转按钮”为常开按钮。

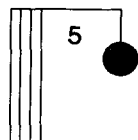
图 1-4 是通过交流接触器的自锁和互锁控制电动机正反转的控制电路。接触器互锁使得电路在同一个时刻只能存在一种运行状态，在电动机运行时不会因为对按钮的误操作而使得电动机产生误动作，造成电动机故障。

操作时如需要电动机正转，则按下电动机正转按钮，正转控制回路接通，交流接触器 KM1 线圈得电，KM1 的常开触点闭合，使电动机正转回路保持接通状态，实现回路的自锁功能。此时即使正转按钮释放，电动机仍然保持正转运行状态。由于交流接触器 KM1 的常闭触点接入了电动机反转控制回路中，所以在电动机正转状态下，按下电动机反转按钮，也不会影响电动机的运行状态，实现正、反转的互锁，这样就不会导致电动机的误动作。控制电动机反转运行的操作与正转操作方法相同。

由于电动机正反转控制比较简单、因而控制回路线路比较简洁明了。而一个较为复杂的控制系统，由于其中包含了大量的中间继电器和时间继电器，导致元件数量多、接线复杂、通用性差，因此给设备的改造和维护带来了较多的困难。而继电器触点在开闭时会受到电弧的损坏，寿命短。常常是一处故障，就会导致全局瘫痪。而 PLC 是以集成电路为基本元件的电子设 备，其内部继电器无触点，元件的寿命几乎不用考虑。目前，PLC 整机平均无故障工作时间一般可达 2~5 万 h。因此 PLC 取代继电器控制将会大大增强系统的可靠性。

1.2.2 PLC 控制交流电动机正反转

1. 控制要求



利用 PLC 通过程序控制，实现控制电动机的正、反转，达到与继电器控制相同的功能。

2. 元器件

(1) 硬件 PLC 1 套（型号 CPU 313C-2 DP）、计算机（编程器 1 台）、中间继电器（2 个）、其余和上述的继电器控制相同，包括三相交流异步电动机（1 台）、交流接触器（2 个）、熔断器（3 个）、端子排（2 个）、按钮 3 个。

从元器件清单上可以看出，系统组成的内容增多了，不仅增加了 PLC，而且还增加了中间继电器（线圈电压为 DC 24V，触点电压为 AC 220V），这是为什么？增加中间继电器的作用是提高驱动能力，同时使得电气操作回路和 PLC 控制回路分隔，提高系统的安全可靠性。另一方面，与增加 PLC 数字量交流输出模块的成本相比，中间继电器的成本要低的多。尤其在大型系统中，能大大降低成本。

PLC 的选型方面，我们在这里使用了 S7-300 PLC，只是为了说明 STEP 7 的软、硬件操作步骤。

(2) 软件 SIMATIC STEP 7 V5.3：用于对 SIMATIC 可编程序控制器进行组态和编程的软件包。

3. 控制原理

1) 系统的主回路原理图与传统的方法一致，参见图 1-3。

2) 系统的 PLC 继电器控制回路原理图，如图 1-5a、b 所示。

图 1-5 中，KM1 和 KM2 分别代表电动机正转和反转交流接触器的线圈及触点；JDQ1 和 JDQ2 分别代表正转和反转中间继电器的线圈及触点；“正转按钮”、“反转按钮”和“停止按钮”均为常开按钮。I0.0、I0.1 和 I0.2 均为 PLC 的输入点，Q0.0 和 Q0.1 为 PLC 的输出点，M 为 PLC 的输入、输出公共端。操作时如需要电动机正转，则按下电动机正转按钮，输入点 I0.0 接通，利用 PLC 内部程序使输出点 Q0.0 接通，JDQ1 线圈得电，接在控制回路的 JDQ1 常开触点闭合，使交流接触器 KM1 线圈得电，因而电动机正转回路通，电动机正转。PLC 内部通过编程，实现输出点 Q0.0 的自锁，达到电动机控制回路的自锁功能。此时即使正转按钮释放，电动机仍然保持正转运行状态。当需要电动机停止运转时，按下停止按钮，输入点 I0.2 接通，PLC 内部程序解除自锁，输出点 Q0.0 断开，电动机停止运转。电动机反转操作功能亦然。

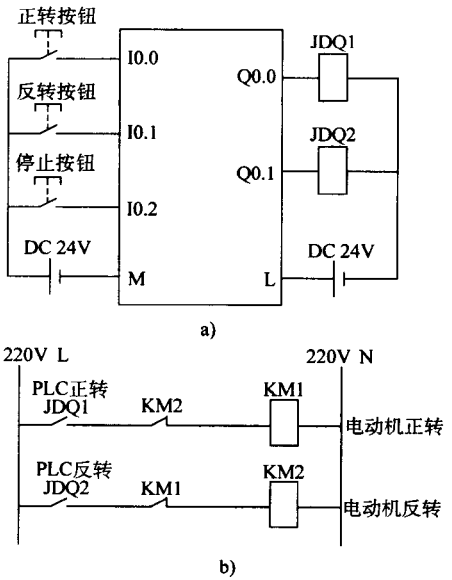


图 1-5 PLC—继电器控制回路原理图

4. PLC 的硬件组态

在初步了解利用 PLC 控制电动机的正反转的控制原理之后，接下来我们将介绍如何使用 PLC 编程软件实现对 PLC 的硬件组态和软件编程，并最终利用程序实现正反转控制功能。

首先介绍硬件组态的步骤，STEP 7 中有新建项目向导，在向导的指引下，工作会变得比较轻松。

1) 在桌面上双击 SIMATIC STEP 7 软件的图标，将进入 STEP 7 编程软件环境。进入 SIMATIC 管理器后，系统会自动弹出一个窗口，标题为“STEP 7 Wizard: 'New Project'”，图 1-6 所示为 STEP 7 Wizard 窗口 1，它指导用户快速简单地创建一个新项目。用户可以选择“Cancel”，也可以选择“Next”，根据系统向导创建新项目。建议初学者使用这个 Wizard！

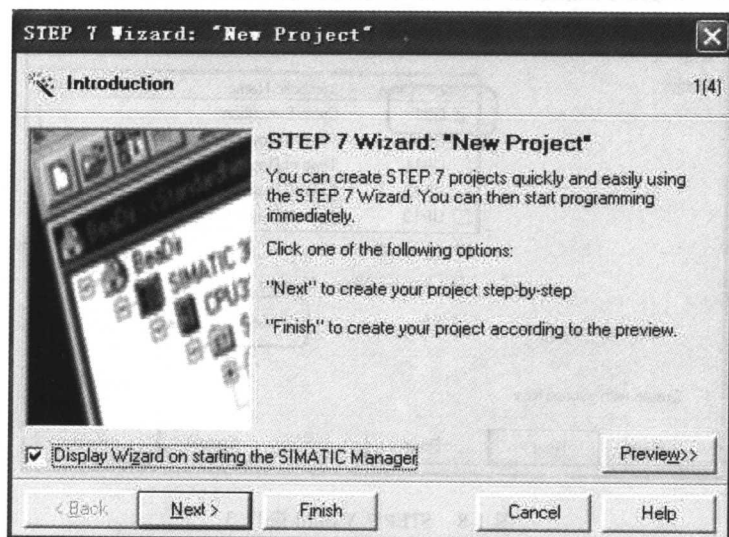


图 1-6 STEP 7 Wizard 窗口 1

Wizard 包含四个步骤：如图 1-6 所示是第一步，在每个窗口中选择“Next”按钮就可以进入下一个设置窗口。而选择“Finish”，向导结束。其后根据需要，你可以自行添加相应模块。

选择“Next”按钮就可以进入下一个窗口。图 1-7 所示为 STEP 7 Wizard 窗口 2，用户可以选择将要使用的 CPU 型号和其 MPI（多点通信）地址。如图所示，选择 CPU 型号为 CPU 313C-2 DP，MPI 地址为 2。

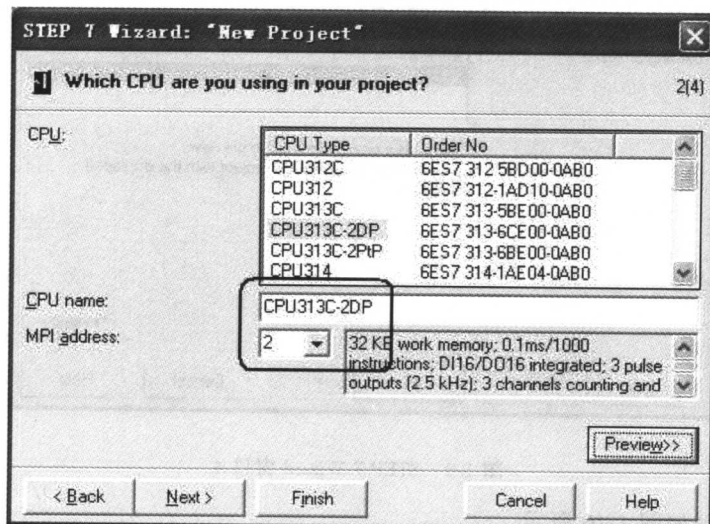


图 1-7 STEP 7 Wizard 窗口 2

在第二个窗口中，选择“Next”按钮就可以进入下一个窗口。图 1-8 所示为 STEP 7 Wizard 窗口 3，用户可以选择需要生成的逻辑块（在逻辑块中编写软件程序），必须至少选择主程序组织块 OB1（循环扫描），还可以选择编程语言 LAD。

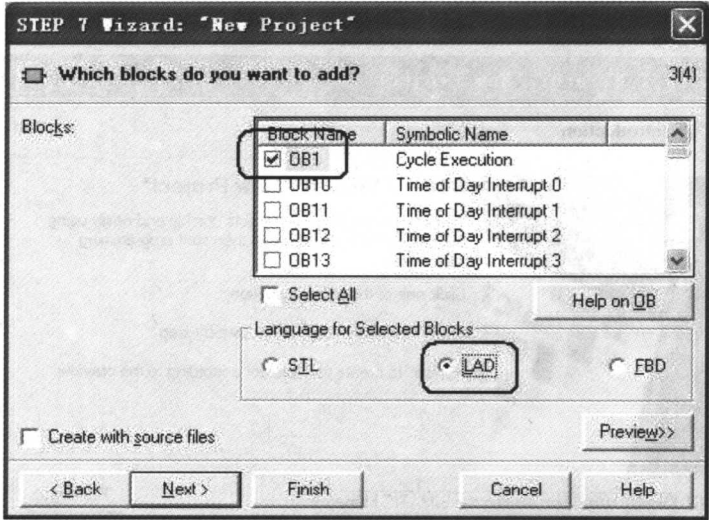


图 1-8 STEP 7 Wizard 窗口 3

在第四个窗口中，如图 1-9 所示，输入项目的名称，点击“Finish”按钮，结束向导，同时也建立了一个名为“motor_run”的新项目。

使用 Wizard 生成新项目的缺点是：用户不能随意选择项目在计算机中的存储位置，它默认存于 STEP 7 的安装目录下，路径为 Siemens \ Step7 \ s7proj。

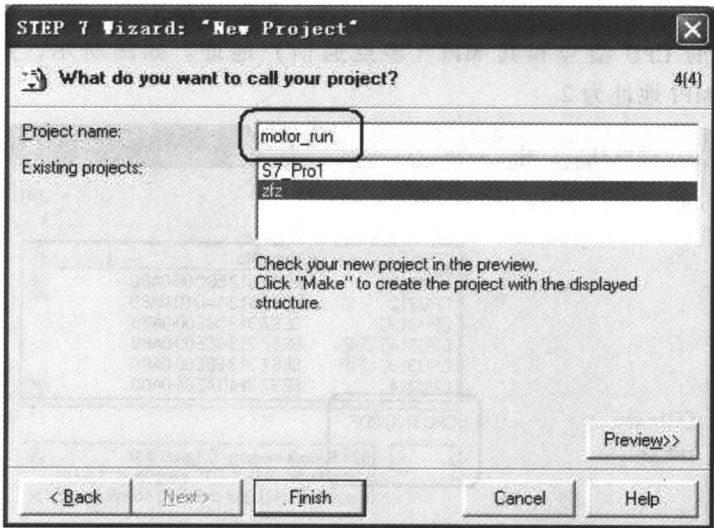


图 1-9 STEP 7 Wizard 窗口 4

生成的新项目如图 1-10 所示。

2) 在图 1-10 中点击左窗中 SMATIC 300 Station（站点），可以在右窗中出现“Hardware”