



21世纪高职高专机电类立体化精品教材·电气自动化系列
工学结合教学改革与创新成果

可编程控制器 原理及应用

田 龙 陈冬丽 李 静 主编

教学
资源
包

电子课件: 包含6章PPT课件
教学参考: 包含课时规划和课程说明
课后习题: 课后习题答案
案例库: 补充教学案例
资源拓展: 包含学习网站和拓展阅读等
教学检测: 2份期末考试卷

 东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS



21 世纪高职高专机电类立体化精品教材 · 电气自动化系列
工学结合教学改革与创新成果

可编程控制器 原理及应用

田 龙 陈冬丽 李 静 主 编
马 铭 张 伟 副主编

 东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

· 南京 ·

内容提要

本书以西门子 S7-200 系列 PLC 为对象, 首先讲解了 S7-200 PLC 的工作原理、硬件结构、指令系统; 其次介绍了顺序控制设计法, 这种方法易学易用, 可以节约大量的设计时间, 还介绍了 S7-200 的通信网络等内容。

本书在编排上, 注重理论与实践相结合, 采用任务式教学模式, 突出实践环节, 充分体现“工学结合一体化”教学思想, 将所学的知识以任务为依托, 在应用中学习。正文中设置了操作技巧、拓展提高及知识链接等特色模块, 意在提高学生的学习兴趣, 促进学生的全面发展。全书共设置小提示 39 个, 知识链接 36 个, 拓展实训 6 个。每个项目最后设置了项目小结和项目检测。

本书可作为高职高专院校机电一体化技术、电气自动化技术、电子信息工程技术、计算机控制技术等专业教材, 也可作为职业培训学校 PLC 课程的培训教材, 同时还可供从事自动化技术工作的人员使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程控制器原理及应用 / 田龙, 陈冬丽, 李静主编.
—南京: 东南大学出版社, 2014. 11

(21 世纪高职高专机电类立体化精品教材·电气自动化系列)

ISBN 978-7-5641-5323-6

I . ①可… II . ①田… ②陈… ③李… III .
①可编程序控制器—高等职业教育—教材 IV . ① TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 266625 号

可编程控制器原理及应用

出版发行: 东南大学出版社

社 址: 南京市四牌楼 2 号, 邮编 210096

出版人: 江建中

印刷: 天津市蓟县宏图印务有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 15.5

字 数: 322 千

版 次: 2014 年 11 月第 1 版

2018 年 12 月第 2 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5641-5323-6

定 价: 38.00 元

(凡因印装质量问题, 请直接与营销中心调换, 电话: 025—83791830)

可编程控制器（PLC）是以微处理器为基础，综合微型计算机技术、自动控制技术和网络通信技术发展而来的一种工业控制装置，是应用十分广泛、可靠性极高的通用工业自动化控制装置。

本书以德国西门子公司的 S7-200 PLC 为例，系统地介绍了 PLC 的工作原理、硬件结构、指令系统、通信功能、编程软件和仿真软件的使用方法。

本书在内容安排上，采用项目导读、任务驱动的方式，通过大量应用实例和例题，引导读者逐步认识、熟知、应用 PLC，既注重以应用实例反映 PLC 的一般工作原理及其应用特点，又注重 PLC 工程应用的可操作性和实用性。

本书共有 6 大项目，9 个任务。项目一为可编程控制器系统认知，介绍了 PLC 的结构、工作原理、系统配置等知识；项目二为 PLC 程序设计基础，介绍了 S7-200 PLC 的编程基础、基本逻辑指令、定时器指令和计数器指令的功能与应用；项目三为顺序控制设计法，介绍了 PLC 顺序控制设计法及顺序控制梯形图的设计方法；项目四是 PLC 的功能指令，介绍了 S7-200 PLC 功能指令的功能与应用；项目五为 PLC 的通信与网络，介绍了通信及网络基础、西门子 PLC 通信协议和 S7-200 PLC 通信网络；项目六为 STEP 7-Micro/WIN 编程软件及仿真软件的使用方法，介绍了编程软件和 S7-200 PLC 仿真软件的使用方法。本书配有大量的例题、项目测试题，附录给出了拓展实训，可进一步加强读者的实践训练。

本书内容通俗易懂，对每个项目，从每个项目的背景、具体任务引入、任务分析、知识准备、任务实施、项目总结与项目检测逐一展开，详细阐述了 PLC 控制系统设计的要求、过程、应完成的工作内容和具体设计方法。

本书由安阳工学院的田龙、安阳职业技术学院的陈冬丽、新乡职业技术学院的李静担任主编，安阳工学院的马铭和张伟担任副主编。其中，田龙编写了项目四，并负责全书统稿工作；陈冬丽编写了项目三和项目六，李静编写了项目二，马铭编写了项目一和拓展实训，张伟编写了项目五。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请专家和读者批评指正。

编者



CONTENTS

目 录

项目一 可编程控制器系统认知

任务一：认识并安装一款典型的可编程 控制器

任务引入	2
任务分析	2
知识准备	2
一、可编程控制器的产生与发展	2
二、可编程控制器的基本结构	3
三、可编程控制器的工作原理	7
四、可编程控制器的主要技术指标	9
五、可编程控制器的分类	9
六、可编程控制器的特点与应用领域	11
七、可编程控制器的发展方向	13
任务实施	14
一、认识 S7-200	14
二、S7-200 的安装	15
任务评价	17

任务二：拆卸 S7-200

任务引入	17
------	----

任务分析	17
知识准备	17
一、S7-200 PLC 的系统构成	17
二、S7-200 PLC 的系统配置	19
任务实施	25
一、拆卸 S7-200 CPU 或扩展模块	25
二、拆卸端子排	25
任务评价	26
项目总结	26
项目检测	26

项目二 PLC 程序设计基础

任务一：设计并实现电动机正反转控制 系统

任务引入	28
任务分析	28
知识准备	28
一、S7-200 PLC 的编程基础	28
二、S7-200 PLC 的基本逻辑指令	37
三、PLC 应用系统设计	44
任务实施	48

一、确定控制方案	48
二、选择 PLC 类型	49
三、PLC 的 I/O 地址分配	49
四、系统硬件和软件设计	49
五、系统调试	52
六、整理技术文件	52
任务评价	52
任务二：设计与实现十字路口交通灯	
控制系统	52
任务引入	52
任务分析	53
知识准备	53
一、S7-200 PLC 的定时器指令	53
二、S7-200 PLC 计数器指令	60
任务实施	63
一、确定控制方案	63
二、选择 PLC 类型	64
三、PLC 的 I/O 地址分配	64
四、系统硬件和软件设计	65
五、系统调试	67
六、整理技术文件	67
任务评价	67
项目总结	68
项目检测	68

项目三 顺序控制设计法

任务：设计与实现送料小车自动往返	
运动控制系统	73
任务引入	73

任务分析	73
知识准备	73
一、PLC 顺序控制设计	73
二、顺序控制梯形图的设计方法	79
任务实施	86
一、确定控制方案	86
二、选择 PLC 类型	86
三、PLC 的 I/O 地址分配	86
四、系统硬件和软件设计	87
五、系统调试	88
六、整理技术文件	89
任务评价	90
项目总结	90
项目检测	90

项目四 PLC 的功能指令

任务一：设计与实现机加工车间机械手	
控制系统	94
任务引入	94
任务分析	94
知识准备	95
一、S7-200 的程序控制类指令	95
二、S7-200 移位和循环移位指令	98
三、S7-200 的数据处理指令	101
四、S7-200 的表功能指令	103
五、S7-200 的比较指令	105
六、S7-200 的子程序及调用	108
七、中断指令	111
八、高速脉冲输出指令	114
任务实施	120

一、确定控制方案	120	任务引入.....	155
二、选择 PLC 类型	121	任务分析.....	155
三、PLC 的 I/O 地址分配	121	知识准备.....	155
四、系统硬件和软件设计	121	一、通信及网络基础	155
五、系统调试	125	二、西门子 PLC 通信协议	162
六、整理技术文件	125	三、S7-200 通信网络	171
任务评价.....	126	任务实施.....	176
任务二：设计与实现电动机转速测量控制		一、确定控制方案	176
系统	126	二、选择 PLC 类型	176
任务引入.....	126	三、PLC 的 I/O 地址分配	176
任务分析.....	126	四、系统硬件和软件设计	176
知识准备.....	127	五、系统调试	189
一、S7-200PLC 的数学运算类指令	127	六、整理技术文件	189
二、S7-200PLC 的数据转换指令	133	任务评价.....	189
三、S7-200PLC 的高速计数器指令	138	项目总结.....	190
四、S7-200PLC 的 PID 回路控制指令		项目检测.....	190
.....	143		
任务实施.....	146	项目六 STEP 7-Micro/WIN 编程软件及仿真软件的使用方法	
一、确定控制方案	147	任务：对启保停电路进行仿真	192
二、选择 PLC 类型	147	任务引入.....	192
三、PLC 的 I/O 地址分配	148	任务分析.....	192
四、系统硬件和软件设计	148	知识准备.....	192
五、系统调试	151	一、STEP7 编程软件安装和设置	192
六、整理技术文件	152	二、STEP 7-Micro/WIN 简介	194
任务评价.....	152	三、编程计算机与 PLC 通信	196
项目总结.....	152	四、编程	199
项目检测.....	152	五、S7-200 仿真软件	208
项目五 PLC 的通信与网络		任务实施.....	210
任务：设计与实现供水供电控制系统 ..	155	一、准备工作	210

二、程序仿真	211
任务评价	215
项目总结	215
项目检测	215

附录 拓展实训

拓展实训一 电动机 Y/△形启动 PLC

控制系统	216
一、实训目的	216
二、实训装置	216
三、实训内容及步骤	216
四、实训控制要求	216
五、参考程序	217
六、实训报告	217
七、教师评分	217

拓展实训二 数码管显示的 PLC 控制

系统	218
一、实训目的	218
二、实训装置	218
三、实训内容及步骤	218
四、实训控制要求	218
五、参考程序	219
六、实训报告	219
七、教师评分	219

拓展实训三 天塔之光的 PLC 控制

系统	219
一、实训目的	219
二、实训装置	219
三、实训内容及步骤	220
四、实训控制要求	220

五、参考程序	221
六、实训报告	223
七、教师评分	223

拓展实训四 多种液体混合装置的 PLC

控制系统

一、实训目的	223
二、实训装置	223
三、实训内容及步骤	223
四、实训控制要求	223
五、参考程序	225
六、实训报告	226
七、教师评分	226

拓展实训五 三层电梯的 PLC 控制

系统

一、实训目的	226
二、实训装置	226
三、实训内容及步骤	227
四、实训控制要求	227
五、参考程序	228
六、实训报告	236
七、教师评分	236

拓展实训六 除尘室的 PLC 控制系统

.....	236
一、实训目的	236
二、实训装置	236
三、实训内容及步骤	236
四、实训控制要求	236
五、参考程序	237
六、实训报告	238
七、教师评分	238

项目一

可编程控制器系统认知

项目导读

可编程控制器是从早期的继电器逻辑控制系统发展而来的，它是微机技术与继电器常规控制技术相结合的产物，是为工业控制应用而专门设计制造的。早期可编程控制器主要应用于逻辑控制，因此称为可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller)，简称 PLC。随着技术的发展，可编程控制器的功能已经大大超越了逻辑控制的范围，现今这种装置称为可编程控制器(Programmable Controller)。为了避免与个人计算机的简称 PC 相混淆，所以仍将可编程控制器简称为 PLC。

项目要点

本项目主要带领大家学习可编程控制器系统的一些基本知识，主要包括以下几点：

- 1. 可编程控制器的产生与发展
- 2. 可编程控制器的基本结构
- 3. 可编程控制器的工作原理
- 4. 可编程控制器的主要技术指标
- 5. 可编程控制器的分类
- 6. S7-200 PLC 的系统结构
- 7. S7-200 PLC 可编程控制器的系统配置

任务一：认识并安装一款典型的 可编程控制器

任务引入

本任务带领大家认识一款应用广泛的可编程控制器——由西门子公司生产的 S7-200。通过认识这款可编程控制器，使学生掌握可编程控制器的基本工作原理和安装操作方法。

任务分析

S7-200 可编程控制器具有极高的性价比，目前被广泛应用于各个行业，因此具有很强的代表性。本任务重点需要了解 S7-200 的各项性能，并动手操作安装这款可编程控制器，从而掌握关于可编程控制器的一些基础知识，为之后的学习做准备。

知识准备

1969 年，美国 DEC 公司研制出世界上第一台 PLC（PDP-14），并在 GM 公司汽车生产线上应用成功，这标志着 PLC 第一次进入人们的视野。20 世纪 70 年代初，将微处理器引入可编程控制器，使其增加了数学运算、数据传送及处理等功能，完成了真正具有计算机特征的工业控制装置。70 年代中末期，计算机技术已全面引入可编程控制器，使其具有逻辑运算、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、模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。80 年代初，PLC 具有了大规模、高速度、高性能和产品系列化等特点，在工业控制中得到了广泛的应用。20 世纪末期，可编程控制器的各种特殊功能单元、人机界面的产生，通信单元的发展，使应用 PLC 的工业控制设备的配套更加容易。目前，PLC 在石油、化工、机械制造、冶金、轻工业及汽车等领域的应用都得到了长足的发展。

1987 年，国际电工委员会（IEC）在颁发的 PLC 标准草案第三稿中，对可编程控制器作了如下定义：“可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器，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、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有关设备，都应按易于使工业控制系统形成一个整体，易于扩充其功能的原则设计。”从上述定义可以看出，PLC 是一种用程序来改变控制功能的工业控制计算机，除了能完成各种各样的控制功能外，还有与其他计算机通信联网的功能。

一、可编程控制器的产生与发展

在工业生产领域，尤其是过程工业中，除了以模拟量为被控量的控制外，还存在大量的以开关量（数字量）为主的逻辑顺序控制，这一点在以改变几何形状和机械性能为特征的制造业中显得尤为突出。这种控制系统按照逻辑条件和一定的顺序、时序产生控制动作，并且能够对来自现场的大量的开关量、脉冲、计时、计数等数字信号进行监视和处理。这些工作在早期是由继电器电路来实现的，其缺点是体积庞大、

故障率高、功耗大、不易维护、不易改造和升级等等。

鉴于传统的继电器控制系统的一系列缺点，1968年美国通用汽车公司首先提出研制新的控制系统用以取代继电器控制系统，公开招标，并提出了如下10项指标：

- (1) 编程简单方便，可在现场修改程序；
- (2) 维护方便，最好是插件式结构；
- (3) 可靠性高于继电器控制系统；
- (4) 体积小于继电器控制系统；
- (5) 数据可直接输入管理计算机；
- (6) 成本上可与继电器控制系统竞争；
- (7) 输入可以是交流115V；
- (8) 输出为交流115V/2A以上，能直接驱动电磁阀；
- (9) 扩展时只需对原系统做很小的变更；
- (10) 用户程序存储器的容量至少能扩展到4KB。

1969年，美国数字设备公司（DEC）根据上述要求率先研制出世界上第一台可编程控制器（即PLC），在通用汽车公司自动生产线上应用，获得成功。此后这项技术迅速发展起来，并推动了欧洲各国、日本及其他国家可编程控制器技术的发展。

PLC自产生时起，大致经过了以下3个发展阶段。

1. 早期阶段（20世纪60年代末—70年代中期）

早期的PLC是为取代继电器控制线路、完成顺序控制而设计的。它在硬件上以准计算机的形式出现，在I/O接口电路上做了改进以适应工业控制现场的要求。装置中的器件主要采用分立元件和中小规模集成电路，存储器采用磁芯存储器。另外还采用了一些抗干扰的措施。软件编程上，采用了梯形图的编程方式。

2. 中期阶段（20世纪70年代中期—80年代中期）

20世纪70年代，微处理器的出现使PLC发生了巨大的变化。各PLC生产厂家开始采用微处理器作为PLC的微处理器。这样就使PLC的功能大大增强。在软件方面，除了保持其原有的逻辑运算、定时、计数等功能外，还增加了算术运算、数据处理和传送、通信、自诊断等功能；在硬件方面，除了保持原有的开关量模块以外，还增加了模拟量模块、远程I/O模块等各种特殊模块，并扩大了存储器的容量。

3. 近期阶段（20世纪80年代中期—至今）

进入20世纪80年代中期，由于超大规模集成电路技术的迅速发展，微处理器的市场价格大幅下降，使得各种类型的PLC所采用的微处理器的档次普遍提高。而且，为了进一步提高PLC的处理速度，各制造厂商还纷纷研制开发了“专用逻辑处理芯片”，使得PLC的软、硬件功能发生了巨大变化。

现代PLC的发展有两个趋势：一是向体积更小、速度更快、可靠性更高、功能更强、价格更低的小型PLC方向发展；二是向大型、网络化、良好兼容性和多功能方向发展。

二、可编程控制器的基本结构

可编程控制器是多种多样的，但其组成的一般原理基本相同，如图1-1所示，主

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06

appendix

要由微处理器（CPU）、输入/输出单元、存储器、外部设备和电源等组成。其中，CPU 是 PLC 的核心，相当于人的大脑和心脏，它不断地采集输入信号，执行用户程序，刷新系统的输出；输入/输出单元相当于人的眼、耳、手、脚，是连接外部现场设备与 CPU 之间的桥梁。图 1-1 是 PLC 的基本结构图。

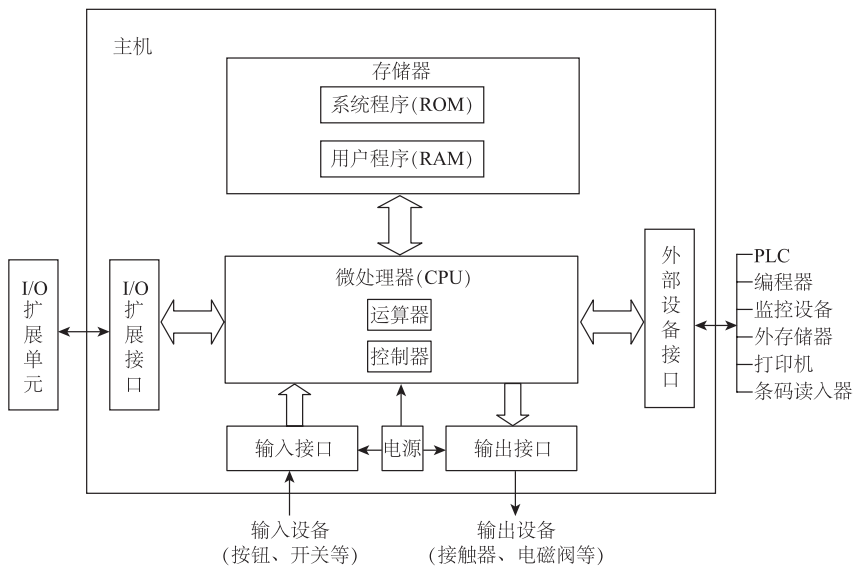


图 1-1 PLC 的基本结构

（一）微处理器（CPU）

微处理器是 PLC 的控制中枢，它按照 PLC 系统程序赋予的功能接收并存储从编程器键入的用户程序和数据，检查电源、存储器、输入/输出（I/O）以及警戒定时器的状态，并能诊断用户程序中的语法错误等。当 PLC 投入运行时，首先它以扫描的方式接收现场各输入装置的状态和数据，并分别存入 I/O 映像区，然后从用户程序存储器中逐条读取用户程序，经过命令解释后按指令的规定执行逻辑或算术运算后，得出结果，并将结果送入 I/O 映像区或数据寄存器。在执行完所有的用户程序之后，CPU 将 I/O 映像区的各输出状态或输出寄存器内的数据传送到相应的输出装置。为了提高 PLC 的可靠性，近年来对大型 PLC 还采用双 CPU 冗余系统，或采用三 CPU 的表决式系统。这样，即使某个 CPU 出现故障，整个系统仍能正常运行。

（二）存储器（ROM/RAM）

PLC 的存储器用来存放程序和数据。程序分系统程序和用户程序。

1. 系统程序存储器

系统程序存储器用于存放系统程序（系统软件）。系统程序是 PLC 研制者所编的程序，它是决定 PLC 性能的关键，相当于 PLC 中的操作系统。系统程序包括监控程序、管理程序、解释程序故障自诊断程序、功能子程序等。系统程序由制造厂家提供，一般固化在 ROM 或 EPROM 中，用户不能直接存取。系统程序用来管理、协调 PLC 各部分的工作，翻译、解释用户程序，进行故障诊断等。

2. 用户程序存储器

用户程序存储器用于存放用户程序（应用软件）。用户程序是用户为解决实际问题并根据 PLC 的指令系统而编制的程序，它通过编程设备输入，经 CPU 存入用户程序存储器。为了便于程序的调试、修改、扩充、完善，该存储器通常使用 RAM。RAM 工作速度快，价格便宜，同时在 PLC 中配有锂电池（或其他电池），当外部电源断电时，可用于保存 RAM 中的信息。

3. 变量（数据）存储器

变量存储器用于存放 PLC 的内部逻辑变量，如内部继电器、输入 / 输出状态寄存器、定时器 / 计数器中逻辑变量的当前值等，这些当前值在 CPU 进行逻辑运算时需随时读出、更新有关内容，所以，变量存储器也采用 RAM。

PLC 产品资料中通常所指的内存容量，是对用户程序存储器而言的，且以“字”（16 位 / 字）为单位来表示存储器的容量。



课堂讨论

PLC 与单片机的区别是什么？

（三）输入 / 输出单元（I/O 单元）

输入 / 输出接口通常也称 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。PLC 通过输入接口可以检测被控对象的各种数据，并将这些数据作为它对被控制对象进行控制的依据；同时 PLC 又通过输出接口将处理结果送给被控对象，以实现控制的目的。

对于小型 PLC，厂家通常将 I/O 单元安装在 PLC 的本体；而对于中、大型 PLC，厂家通常都将 I/O 单元做成可供选取、扩充的模块组件，用户可根据自己的需要选取不同功能、不同点数的 I/O 组件来组成自己的控制系统。

为便于检查，每个 I/O 点都接有指示灯，某点接通时，相应的指示灯发光指示，用户可以方便地检查各点的通断状态。

1. 输入接口

直流输入模块的输入电路如图 1-2 所示。该输入电路的特点是：双向光耦合器隔离了输入电路与 PLC 内部电路的电气连接，使外部信号（通 / 断）通过光耦合器变成内部电路能接收的标准信号（I/O）；电阻 R2 和电容 C 并联构成滤波电路，其作用是滤掉输入信号的高频抖动；双向发光二极管 VL 用于工作状态（开关 SB1 的闭合 / 断开）指示。

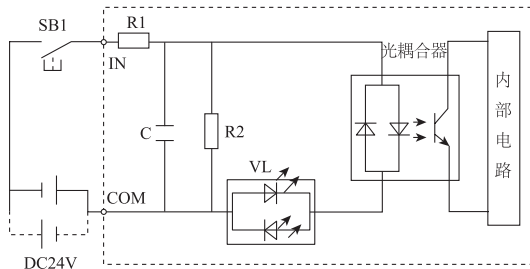


图 1-2 直流开关量输入接口电路图

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

appendix

2. 输出接口

输出接口是将 CPU 的输出信号转换成驱动外部设备工作的信号。为适应不同的负载，输出接口有多种方式，常用的有晶体管输出方式、晶闸管输出方式和继电器输出方式。晶体管输出方式用于直流负载；双向晶闸管输出方式用于交流负载；继电器输出方式可用于直流负载，也可用于交流负载。

图 1-3 所示电路是继电器输出接口电路。当 PLC 通过输出映像存储器在输出点输出零电平时，继电器 KA 得电，其常开触点闭合，负载得电。一般输出可带 2 A 的负载。

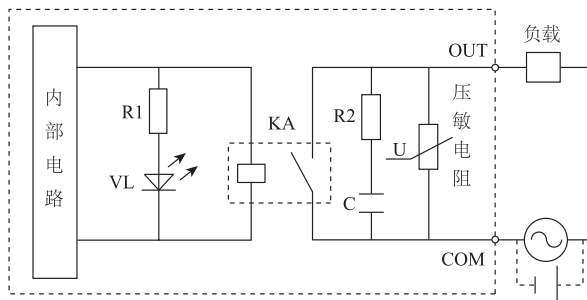


图 1-3 继电器接口输出电路图

为了实现现场负载与 PLC 主机的电气隔离，提高抗干扰能力，晶体管输出方式和晶闸管输出方式要采用光电隔离，继电器输出方式因继电器本身有电气隔离作用，故接口电路中没有设置光电耦合器。

I/O 点数是指输入点及输出点之和，是衡量 PLC 规模的指标。一般地，将 I/O 总点数在 64 点及以下的称为微型 PLC；总点数在 64 ~ 256 点之间的称为小型 PLC；总点数在 256 ~ 2048 点之间的称为中型 PLC；总点数在 2048 点以上的称为大型 PLC 等。

当一个 PLC 中心单元的 I/O 点数不够用时，可以对系统进行扩展。PLC 的扩展接口就是用于连接中心基本单元与扩展单元的。

（四）外部设备

PLC 的外部设备种类很多，总体来说可以概括为四大类：编程设备、监控设备、存储设备、输入输出设备。

1. 编程设备

编程设备的作用是编辑、调试、输入用户程序，也可在线监控 PLC 内部状态和参数，与 PLC 进行人机对话。它是开发、应用、维护 PLC 不可缺少的工具。编程装置可以是专用编程器，也可以是配有专用编程软件包的通用计算机系统。专用编程器是由 PLC 厂家生产，专供该厂家生产的某些 PLC 产品使用，它主要由键盘、显示器和外存储器接口等部件组成。专用编程器有简易编程器和智能编程器两类。

简易编程器只能联机编程，而不能直接输入和编辑梯形图程序，需将梯形图程序转化为指令表程序才能输入。简易编程器体积小、价格便宜，它可以直接插在 PLC 的编程插座上，或者用专用电缆与 PLC 相连，以方便编程和调试。有些简易编程器带有存储盒，可用来存储用户程序，如三菱的 FX-20P-E 简易编程器。

智能编程器又称图形编程器，本质上它是一台专用便携式计算机，如三菱的 GP-80FX-E 智能型编程器。它既可联机编程，又可脱机编程；可直接输入和编辑梯形图程

序，使用更加直观、方便，但价格较高，操作也比较复杂。大多数智能编程器带有磁盘驱动器，并可提供录音机接口和打印机接口。

2. 监控设备

PLC 将现场数据实时上传给监控设备，监控设备则将这些数据动态实时显示出来，以便操作人员和技术人员随时掌握系统的运行情况，操作人员能够通过监控设备向 PLC 发送操控指令，也把具有这种功能的设备称为“人机界面”。PLC 厂家通常都提供专用的人机界面设备，目前使用较多的有操作屏和触摸屏等。这两种设备均采用液晶显示屏，通过专用的开发软件可设计用户工艺流程图，与 PLC 联机后能够实现现场数据的实时显示。操作屏同时还提供多个可定义功能的按键，而触摸屏则可以将控制键直接定义在流程图的画面中，使得控制操作更加直观。

3. 存储设备

存储设备用于保存用户数据，避免用户程序丢失。其种类有存储卡、存储磁带、软磁盘或只读存储器等多种形式，配合这些存储载体，有相应的读写设备和接口部件。

4. 输入输出设备

输入输出设备用于接收信号和输出信号，如条码读入器、打印机等。

(五) 电源 (PS)

PLC 的电源在整个系统中起着十分重要的作用。如果没有一个良好的、可靠的电源系统，那么 PLC 是无法正常工作的，因此 PLC 的制造商对电源的设计和制造也十分重视。一般地，交流 220V 电压波动在 $\pm 10\%$ 或 $\pm 15\%$ 范围之内，可以不用采取其他措施就可以将 PLC 直接连接到交流电网上去。

三、可编程控制器的工作原理

可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境下应用而设计。PLC 采用周期循环扫描的工作方式，其 CPU 连续执行用户程序和任务的循环序列称为扫描。CPU 对用户程序的执行过程是 CPU 的循环扫描，并用周期性地集中输出的方式来完成现场信号的采集和控制任务。整个过程扫描并执行一次所需的时间称为扫描周期，如图 1-4 所示。

(一) 自诊断程序执行阶段

每次扫描开始，先执行一次自诊断程序，对各输入点、输出点、存储器和 CPU 等进行诊断，诊断的方法通常是测试出各部分的当前状态，并与正常的标准状态进行比较，若两者一致，说明各部分工作正常；若不一致则认为有故障，此时，PLC 立即启动关机程序，保留当前工作状态，并关断所有输出点，然后停机。

(二) 通信处理阶段

自诊断结束后，如没发现故障，PLC 将继续向下执行，检查是否有编程器等的通

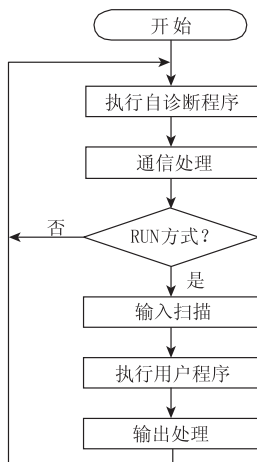


图 1-4 PLC 工作原理

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

appendix

信请求，若有则进行相应的处理。例如，接收编程器发来的命令，把要显示的状态数据、出错信息送给编程器显示等。

（三）输入扫描阶段

执行完通信操作后，PLC 继续向下执行，进入输入扫描阶段。在此阶段，PLC 以扫描方式依次地读入所有输入状态和数据，并将它们存入输入映像存储器中相应的单元内。输入采样结束后，转入用户程序执行和输出刷新阶段。在这两个阶段，不再对输入状态和数据进行扫描，因此即使输入状态和数据发生了变化，输入映像存储器中相应单元的状态和数据也不会改变，这种变化只有在下一个扫描周期的输入扫描阶段才能被读入。因此，如果输入是脉冲信号，那么其宽度必须大于一个扫描周期，才能保证在任何情况下，该脉冲信号均能被读入。

（四）用户程序执行阶段

在用户程序执行阶段，PLC 总是按自上而下、自左向右的顺序对用户程序进行逻辑运算的。在整个用户程序执行过程中，输入点在输入映像存储器内的状态和数据不会发生变化，而输出点和软设备在输出映像存储器或系统 RAM 存储器内的状态和数据都有可能发生变化，而且排在上面的梯形图，其程序执行结果会对排在下面的用到这些状态和数据的梯形图起作用；相反，排在下面的梯形图，其被刷新的状态或数据只能到下一个扫描周期才能对排在其上面的程序起作用。

（五）输出刷新阶段

在 PLC 执行完用户程序的所有指令后，在本阶段将输出映像存储器中的内容送入输出锁存器，以驱动现场执行元件工作。

同输入扫描阶段类似，PLC 对所有外部信号的输出是统一进行的，在用户程序执行阶段，输出映像存储器的内容发生改变将不会影响现场执行元件的工作，直到输出刷新阶段将输出映像存储器的内容集中输出，现场执行元件的状态才会发生相应的改变。

PLC 用户程序扫描工作过程如图 1-5 所示。

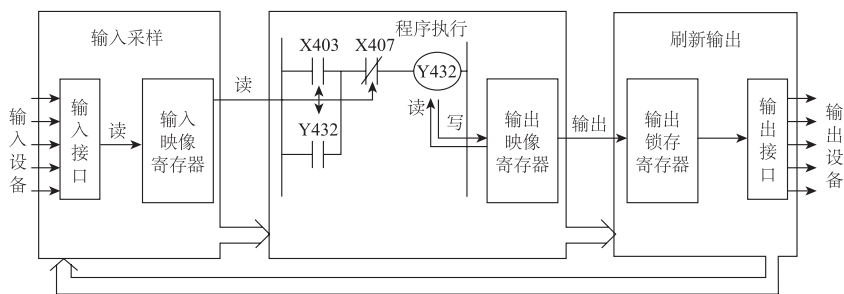


图 1-5 PLC 用户程序扫描工作过程

PLC 扫描周期的长短主要取决于程序的长短，通常在几十到几百毫秒之间，它对于一般的工业设备通常没有什么影响。但对于控制时间要求较严格、响应速度要求较快的系统，为缩短扫描周期而造成的响应延时等不良影响，在编程时应应对扫描周期进行计算，并尽量缩短和优化程序代码。

由 PLC 的工作过程可见，在 PLC 的程序执行阶段，即使输入发生了变化，输入状态寄存器的内容也不会立即改变，要等到下一个扫描周期输入处理阶段才能改变。暂

存在输出状态寄存器中的输出信号，要等到一个循环周期结束，CPU才集中将这些输出信号全部输出给输出寄存器，称为实际的PLC输出。因此，全部输入、输出状态的改变就需要一个扫描周期，换言之，输入/输出的状态保持一个扫描周期。

四、可编程控制器的主要技术指标

可编程控制器的种类很多，用户可以根据控制系统的具体要求选择不同技术性能指标的PLC。可编程控制器的技术指标主要有以下几个方面。

（一）输入/输出（I/O）点数

I/O点数是评价一个系列的PLC可适用于何等规模的系统的重要参数，通常厂家的技术手册都会给出相应PLC的最大数字I/O点数及最大模拟量I/O通道数，反映了该类型PLC的最大输入、输出规模。

（二）存储器容量

厂家提供的存储容量指标一般均指用户程序存储器容量，体现了用户程序可以达到的规模，一般以KB（千字节）、MB（百万字节）表示。有些PLC的用户程序存储器需要另购外插的存储器卡，或者可用存储卡扩充。

（三）扫描速度

扫描速度指标体现了PLC指令执行速度的快慢，是对控制系统实时性能的评价指标。一般用ms/K单位来表示，即执行1K步所需时间。

（四）指令系统

PLC指令系统拥有的指令种类和数量是衡量其软件功能强弱的重要指标。PLC具有的指令种类越多，说明其软件功能越强。PLC指令一般分为基本指令和高级指令两部分。

（五）内部元件的种类与数量

在编制PLC程序时，需要用到大量的内部元件来存放变量、中间结果、保持数据、定时计数、模块设置和各种标志位等信息。而这些信息都需要在PLC内部的继电器和寄存器中存放，这些元件的种类与数量越多，表示PLC存储和处理各种信息的能力越强。

（六）特殊功能单元

除基本功能外，评价PLC技术水平的指标还有一些特殊功能，如自诊断功能、通信联网功能、远程I/O能力等，以及PLC所能提供的特殊功能模块，如高速计数模块、位置控制模块、闭环控制模块等。

（七）可扩展能力

PLC的可扩展能力包括I/O点数的扩展、存储容量的扩展、联网功能的扩展、各种功能模块的扩展等。在选择PLC时，经常需要考虑PLC的可扩展能力。

另外，厂家的产品手册上还提供PLC的负载能力、外形尺寸、重量、保护等级、适用的安装和使用环境（如温度、湿度）等性能指标参数，供用户参考。

五、可编程控制器的分类

PLC产品的种类繁多，其规格和性能也各不相同。对PLC的分类，通常根据其结

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06

appendix

构形式的不同、功能的差异和 I/O 点数的多少等进行大致分类。

按结构分可将 PLC 分为整体式 PLC 和模块式 PLC 两类。

（一）整体式 PLC

整体式 PLC 是将电源、CPU、I/O 接口等部件都集中装在一个机箱内，具有结构紧凑、体积小、价格低的特点。小型 PLC 一般采用这种整体式结构。整体式 PLC 由不同 I/O 点数的基本单元（又称主机）和扩展单元组成。基本单元内有 CPU、I/O 接口、与 I/O 扩展单元相连的扩展口，以及与编程器或 EPROM 写入器相连的接口等。扩展单元内只有 I/O 单元和电源等，没有 CPU。基本单元和扩展单元之间一般用扁平电缆连接。整体式 PLC 一般还可配备特殊功能单元，如模拟量单元、位置控制单元等，使其功能得以扩展。

（二）模块式 PLC

模块式 PLC 是将 PLC 各组成部分，分别做成若干个单独的模块，如 CPU 模块、I/O 模块、电源模块（有的含在 CPU 模块中）及各种功能模块。模块式 PLC 由框架（或基板）和各种模块组成，模块装在框架或基板的插座上。这种模块式 PLC 的特点是配置灵活，可根据需要选配不同规模的系统，而且装配方便，便于扩展和维修。大、中型 PLC 一般采用模块式结构。

还有一些 PLC 将整体式和模块式的特点结合起来，构成所谓“叠装式 PLC”。叠装式 PLC 的 CPU、电源、I/O 接口等也是各自独立的模块，但它们之间是靠电缆进行连接的，并且各模块可以一层层地叠装。这样，不但系统可以灵活配置，还可做得体积小巧。

根据 PLC 的容量，可将 PLC 分为小型、中型和大型三类。

（1）小型 PLC I/O 点总数一般小于或等于 256 点。其特点是体积小、结构紧凑，整个硬件融为一体，除了开关量 I/O 以外，还可以连接模拟量 I/O 和其他各种特殊功能模块。它能执行包括逻辑运算、计时、计数、算术运算、数据处理和传送、通信联网及各种应用指令，如 OMRON 的 C**P/H、CPM1A 系列、CPM2A 系列、CQM 系列，SIMENS 的 S7-200 系列。

（2）中型 PLC I/O 点总数通常从 256 点至 2048 点，内存在 8KB 以下，I/O 的处理方式除了采用一般 PLC 通用的扫描处理方式外，还能采用直接处理方式，即在扫描用户程序的过程中，直接读输入、刷新输出。它能连接各种特殊功能模块，通信联网功能更强，指令系统更丰富，内存容量更大，扫描速度更快，如 OMRON 的 C200P/H，SIMENS 的 S7-300 系列。

（3）大型 PLC 一般 I/O 点数在 2048 点以上的称为大型 PLC。大型 PLC 的软、硬件功能极强，具有极强的自诊断功能。通信联网功能强，有各种通信联网的模块，可以构成三级通信网，实现工厂生产管理自动化，如 OMRON 的 C500P/H、C1000P/H 和 SIMENS 的 S7-400 系列。

在实际应用中，一般 PLC 功能的强弱与其 I/O 点数的多少是相互关联的，即 PLC 的功能越强，其可配置的 I/O 点数越多。因此，通常所说的小型、中型、大型 PLC，除指其 I/O 点数不同外，同时也表示其对应功能为低档、中档、高档。



知识链接

目前,世界上有 200 多个厂家生产 300 多种 PLC 产品,如欧姆龙,三菱, AB, Siemens, Schneider, ABB, Panasonic, ...

六、可编程控制器的特点与应用领域

(一) 可编程控制器的特点

1. 编程方法简单易学

梯形图是使用得最多的 PLC 编程语言,其电路符号和表达方式与继电器电路原理图相似。梯形图语言形象直观,易学易懂,熟悉继电器电路图的电气技术人员只需花几天时间就可以熟悉梯形图语言,并用来编制数字量控制系统的用户程序。

2. 功能强,性能价格比高

一台 PLC 内有成千上万个可供用户使用的编程元件,可以实现非常复杂的控制功能。与相同功能的继电器系统相比,具有很高的性能价格比。PLC 可以通过通信联网,实现分散控制,集中管理。

3. 硬件配套齐全,用户使用方便,适应性强

PLC 产品已经标准化、系列化、模块化,配备有品种齐全的各种硬件装置供用户选用,用户能灵活方便地进行系统配置,组成不同功能、不同规模的系统。PLC 的安装接线也很方便,一般用接线端子连接外部接线。PLC 有较强的带负载能力,可以直接驱动大多数电磁阀和中小型交流接触器。硬件配置确定后,通过修改用户程序,就可以方便快速地适应工艺条件的变化。

4. 可靠性高,抗干扰能力强

传统的继电器控制系统使用了大量的中间继电器和时间继电器。由于触点接触不良,容易出现故障。PLC 用软件代替中间继电器和时间继电器,只剩下与输入和输出有关的少量硬件元件,接线可减少到继电器控制系统的 1/10 以下,大大减少了因触点接触不良造成的故障。PLC 使用了一系列硬件和软件抗干扰措施,具有很强的抗干扰能力,平均无故障时间达到数万小时以上,可以直接用于有强烈干扰的工业生产现场,PLC 被广大用户公认为最可靠的工业控制设备之一。

5. 系统的设计、安装、调试工作量少

PLC 用软件功能取代了继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件,使控制柜的设计、安装、接线工作量大大减少。PLC 的梯形图程序可以用顺序控制设计法来设计,此方法很有规律,很容易掌握。对于复杂的控制系统,用这种方法设计程序的时间比设计继电器系统电路图的时间要少得多。可以用仿真软件 PLCSIM 来模拟 S7-300/400 的 CPU 模块的功能,用它来调试用户程序。在现场调试过程中,一般通过修改程序就可以解决发现的问题,系统的调试时间比继电器系统少得多。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06

appendix

6. 维修工作量小，维修方便

PLC 的故障率很低，并且有完善的故障诊断功能。PLC 或外部的输入装置和执行机构发生故障时，可以根据信号模块上的发光二极管或编程软件提供的信息，方便快速地查明故障的原因，用更换模块的方法可以迅速地排除故障。

7. 体积小，能耗低

复杂的控制系统使用 PLC 后，可以减少大量的中间继电器和时间继电器，小型 PLC 的体积仅相当于几个继电器的大小，因此可以将开关柜的体积缩小到原来的 $1/10 \sim 1/2$ 。PLC 控制系统与继电器控制系统相比，配线用量少，安装接线工时短，加上开关柜体积的缩小，因此可以节省大量的费用。

(二) 可编程控制器的应用领域

目前，可编程控制器在国内外已广泛应用于钢铁、石油、化工、电力、建材、机械制造、汽车、轻纺、交通运输、环保及文化娱乐等各个行业，使用情况大致可归纳为如下几类。

1. 开关量的逻辑控制

这是可编程控制器最基本、最广泛的应用领域，它取代传统的继电器电路，实现逻辑控制、顺序控制，既可用于单台设备的控制，也可用于多机群控及自动化流水线，如注塑机、印刷机、订书机械、组合机床、磨床、包装生产线、电镀流水线等。

2. 模拟量控制

在工业生产过程中，有许多连续变化的量，如温度、压力、流量、液位和速度等都是模拟量。为了使可编程控制器能处理模拟量，必须实现模拟量 (Analog) 和数字量 (Digital) 之间的 A/D 转换及 D/A 转换。PLC 厂家都生产配套的 A/D 和 D/A 转换模块，使可编程控制器用于模拟量控制。

3. 运动控制

可编程控制器可以用于圆周运动或直线运动的控制。从控制机构配置来说，早期直接用于开关量 I/O 模块连接位置传感器和执行机构，现在一般使用专用的运动控制模块，如可驱动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模块。世界上各主要 PLC 厂家的产品几乎都有运动控制功能，广泛用于各种机械、机床、机器人、电梯等场合。

4. 过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等模拟量的闭环控制。作为工业控制计算机，PLC 能编制各种各样的控制算法程序，完成闭环控制。PID 调节是一般闭环控制系统中用得较多的调节方法。大中型 PLC 都有 PID 模块，目前许多小型 PLC 也具有此功能模块。PID 处理一般是运行专用的 PID 子程序。过程控制在冶金、化工、热处理、锅炉控制等场合有非常广泛的应用。

5. 数据处理

现代可编程控制器具有数学运算 (含矩阵运算、函数运算、逻辑运算)、数据传送、数据转换、排序、查表、位操作等功能，可以完成数据的采集、分析及处理。这些数

据可以与存储在存储器中的参考值比较,完成一定的控制操作,也可以利用通信功能传送到别的智能装置,或将它们打印制表。数据处理一般用于大型控制系统,如无人控制的柔性制造系统;也可用于过程控制系统,如造纸、冶金、食品工业中的一些大型控制系统。

6. 通信及联网

可编程控制器通信包括可编程控制器间的通信及可编程控制器与其他智能设备间的通信。随着计算机控制的发展,工厂自动化网络发展得很快,各 PLC 厂商都十分重视 PLC 的通信功能,纷纷推出各自的网络系统。新近生产的 PLC 都具有通信接口,通信非常方便。

21 世纪,可编程控制器会有更大的发展。从技术上看,计算机技术的新成果会更更多地应用于可编程控制器的设计和制造上,会有运算速度更快、存储容量更大、智能更强的产品出现;从产品规模上看,会进一步向超小型及超大型方向发展;从产品的配套性上看,产品的品种会更丰富、规格更齐全,完美的人机界面、完备的通信设备会更好地适应各种工业控制场合的需求;从市场上看,各国各自生产多品种产品的情况会随着国际竞争的加剧而打破,会出现少数几个品牌垄断国际市场的局面,会出现国际通用的编程语言;从网络的发展情况来看,可编程控制器和其他工业控制计算机组网构成大型的控制系统是可编程控制器技术的发展方向。目前,计算机集散控制系统(DCS, Distributed Control System)中已有大量的可编程控制器应用。伴随着计算机网络的发展,可编程控制器作为自动化控制网络和国际通用网络的重要组成部分,将在工业及工业以外的众多领域发挥越来越大的作用。

七、可编程控制器的发展方向

(一) 微型、小型 PLC 功能明显增强

很多知名的 PLC 厂家相继推出高速、高性能、小型、特别是微型的 PLC。三菱的 fxos14 点(8 个 24V DC 输入,6 个继电器输出),其尺寸仅为 58mm×89mm,仅大于信用卡几个毫米,而功能却有所增强,使 PLC 的应用领域扩大到远离工业控制的其他行业,如快餐厅、医院手术室、旋转门和车辆等,甚至引入家庭住宅、娱乐场所和商业部门。

(二) 集成化发展趋势增强

由于控制内容的复杂化和高难度化,使 PLC 向集成化方向发展,如 PLC 与 PC 集成、PLC 与 DCS 集成、PLC 与 PID 集成等,并强化了通信能力和网络化,尤其是以 PC 为基础的控制产品增长率最快。PLC 与 PC 集成,即将计算机、PLC 及操作人员的人—机接口结合在一起,使 PLC 能利用计算机丰富的软件资源,而计算机能和 PLC 的模块交互存取数据。以 PC 机为基础的控制容易编程和维护用户的利益,开放的体系结构提供灵活性,最终降低成本和提高生产率。

(三) 向开放性转变

PLC 曾存在严重的缺点,主要是 PLC 的软、硬件体系结构是封闭而不是开放的,绝大多数的 PLC 是专用总线、专用通信网络及协议,编程虽多采用梯形图,但各公司的组态、寻址等不一致,使各种 PLC 互不兼容。国际电工协会(IEC)在 1992 年颁布了 IEC 1131-3《可编程序控制器的编程软件标准》,为各 PLC 厂家编程的标准化铺平

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06

appendix

了道路。现在开发以 PC 为基、在 Windows 平台下，符合 IEC 1131-3 国际标准的新一代开放体系结构的 PLC 正在规划中。

任务实施

一、认识 S7-200

S7-200 可编程控制器是由德国西门子公司生产的一款小型可编程逻辑控制器，适用于各行各业，各种场合中的检测、监测及控制的自动化。其组成图如图 1-6 所示。

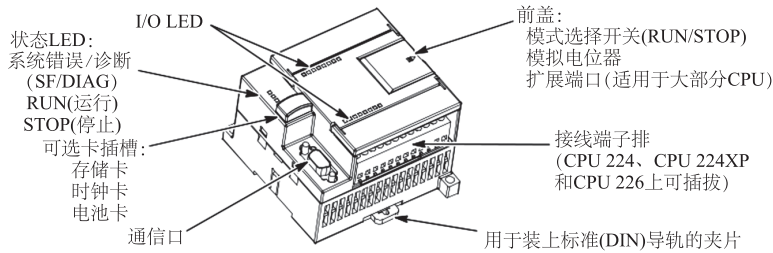


图 1-6 S7-200 PLC 的组成

1. S7-200 CPU

根据配置的 CPU 不同，S7-200 衍生出各种不同的型号，包括 CPU 221、CPU 222、CPU 224、CPU 224XP、CPU226 等。各型号技术指标如表 1-1 所示。

表 1-1 S7-200 各型号技术指标

特性	CPU221	CPU222	CPU224	CPU224XP	CPU226
外形尺寸 (mm ³)	90×80×62	90×80×62	120.5×80×62	140×80×62	190×80×62
程序存储器： 可在运行模式下编辑 不可在运行模式下编辑	4096B 4096B	4096B 4096B	8192B 12288B	12288B 16384B	16384B 24576B
数据存储区	2048B	2048 B	8192B	10240B	10240B
掉电保持时间	50h	50h	100h	100h	100h
本机 I/O					
数字量	6 入 / 4 出	8 入 / 6 出	14 入 / 10 出	14 入 / 10 出	24 入 / 16 出
模拟量	—	—	—	2 入 / 1 出	—
扩展模块数量	0 个模块	2 个模块 ¹	7 个模块 ¹	7 个模块 ¹	7 个模块 ¹
高速计数器					
单相	4 路 30kHz	4 路 30kHz	6 路 30kHz	4 路 30kHz 2 路 200kHz	6 路 30kHz
双相	2 路 20kHz	2 路 20kHz	4 路 20kHz	3 路 20kHz 1 路 100kHz	4 路 20kHz
脉冲输出 (DC)	2 路 20kHz	2 路 20kHz	2 路 20kHz	2 路 100kHz	2 路 20kHz
模拟电位器	1	1	2	2	2
实时时钟	配时钟卡	配时钟卡	内置	内置	内置
通信口	1 RS-485	1 RS-485	1 RS-485	2 RS-485	2 RS-485
浮点数运算	有				
I/O 映像区	256 (128 入 / 128 出)				
布尔指令执行速度	0.22μs/ 指令				

2. S7-200 扩展模块

为了更好地满足多领域的应用要求，S7-200 系列设计了多种类型的扩展模块。这些扩展模块可以完善 CPU 的功能，增强 S7-200 的应用性。表 1-2 列出了 S7-200 现有的扩展模块。

表 1-2 S7-200 扩展模块

扩展模块数量		型号		
数字量模块	输入	8×DC 输入	8×AC 输入	16×DC 输入
	输出	4×DC 输出	4× 继电器输出	8× 继电器输出
	混合	8×DC 输出	8×AC 输出	16×DC 输入 /16×DC 输出
		4×DC 输入 /4×DC 输出 4×DC 输入 /4× 继电器 输出	8×DC 输入 /8×DC 输出 8×DC 输入 /8× 继电器 输出	16×DC 输入 /16× 继电器 输出
模拟量模块	输入	4 输入	4 热电偶输入	2 热电阻输入
	输出	2 输出		
	混合	4 输入 /1 输出		
智能模块		定位	调制解调器	PROFIBUS-DP
		以太网	互联网	
其他模块		ASI		

二、S7-200 的安装

S7-200 体积小，而且设计十分巧妙，可以十分方便地进行安装。可以利用安装孔把模块固定在控制柜的背板上，也可以利用设备上的 DIN 夹子，把模块固定在一个标准的导轨上。

1. 安装的先决条件

STEP 1 在安装前，要确保该设备的供电已被切断。同样，也要确保与该设备相关联的设备的供电被切断。如果在带电状况下安装 S7-200 及其相关设备，很可能导致设备误动作，甚至有可能造成电击等严重的人身伤害事故。

STEP 2 在安装前，要确保使用了正确的模块和等同的模块。若安装了不正确的模块，则可能导致 S7-200 程序误动作。此外，除了保证正确的模块外，还应注意安装的方向和位置是否正确。

2. 安装尺寸

在安装前，一定要确保安装位置有足够的尺寸，并预留一定的散热位置。这能够确保 S7-200 能够顺利安装并稳定工作。S7-200 的安装尺寸如图 1-7 和表 1-3 所示。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06

appendix

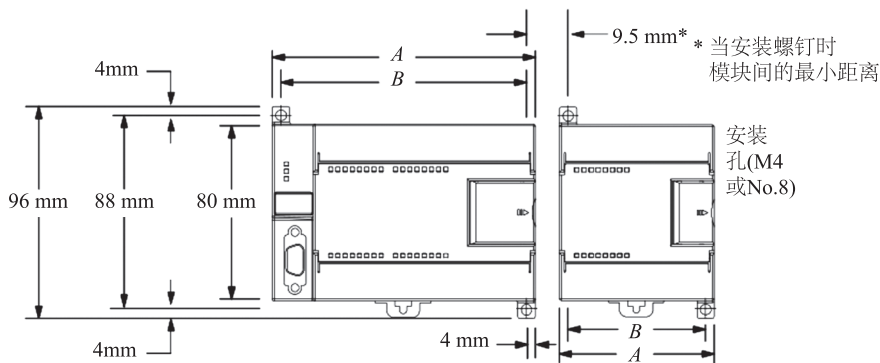


图 1-7 S7-200 的安装尺寸

表 1-3 安装尺寸

S7-200 模块	宽度 A	宽度 B
CPU221 和 CPU222	90 mm	82 mm
CPU224	120.5 mm	112.5 mm
CPU224XP	140 mm	132 mm
CPU226		
扩展模块: 4 点、8 点直流和继电器 I/O (8I、4Q、8Q、4I/4Q) 及模拟量输出 (2AQ)	46 mm	38 mm
扩展模块: 16 点数字量 I/O (16I、8I/8Q)、模拟量 I/O (4AI、4AI/1AQ)、RTD、热电偶、PROFIBUS、以太网、因特网、AS- 涌淞点交流 (8I 和 8Q)、定位模块和 Modem 模块	71.2 mm	63.2 mm
扩展模块: 32 点数字量 I/O (16I/16Q)	137.3 mm	129.3 mm

3. CPU 和扩展模块的安装

1) 面板的安装步骤如下:

STEP 1 按照表 1-3 所示的尺寸进行定位、钻安装孔, 安装孔需配合 M4 或美国标准 8 号螺钉;

STEP 2 用合适的螺钉将设备固定在面板上;

STEP 3 将扩展模块的扁平电缆连到前盖下面的扩展口, 以便使用扩展模块。

2) DIN 导轨的安装方式如下:

STEP 1 保持导轨到安装面板的距离为 75mm;

STEP 2 打开设备底部的 DIN 夹子, 将设备背部卡在 DIN 导轨上;

STEP 3 将扩展模块的扁平电缆连到前盖下面的扩展口, 以便使用扩展模块;

STEP 4 旋转设备贴近导轨, 合上 DIN 夹子, 仔细检查设备上的 DIN 夹子与导轨是否紧密固定。如果未固定好, 可按压安装孔的部分。但切忌按压设备正面, 以免损坏设备。

小提示

当 S7-200 的使用环境振动较大, 或者需要垂直安装时, 应该使用 DIN 导轨挡块。当系统处于高振动环境中时, 应该使用面板安装的方式, 以便得到更高的抗震等级。

 任务评价

序号	检查项目	评价方式 (总分 100 分)
1	安装前是否进行断电检查	若未进行断电检查, 记零分
2	安装尺寸是否合适, 是否预留散热空间	尺寸错误记零分, 未预留散热位置扣 30 分
3	两种安装方式是否均满足紧密牢固的要求, 安装过程中的操作是否正确	安装不紧密扣 20 分, 操作错误扣 30 分

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06

appendix

任务二：拆卸 S7-200

 任务引入

在实际应用 PLC 时, 如果安装过程中出现错误, 或程序在实验室编好、调好之后需要在工业现场使用, 那么如何把 PLC 拆卸掉, 就需要我们自己动手解决了。通过对 PLC 进行拆卸, 可以使学生更好地掌握可编程控制器的系统构成及系统配置。

 任务分析

本任务通过了解 S7-200 的系统构成, 并动手操作拆卸这款可编程控制器, 从而掌握关于可编程控制器的一些基础知识, 为之后的学习做准备。

 知识准备

一、S7-200 PLC 的系统构成

德国的西门子 (SIEMENS) 公司是欧洲最大的电子和电气设备制造商, 生产的 SIMATIC 可编程控制器在欧洲处于领先地位。其第一代可编程控制器是 1975 年投放市场的 SIMATIC S3 系列的控制系统。在 1979 年, 微处理器技术被应用到可编程控制器中, 产生了 SIMATIC S5 系列。在 1996 年又推出了 S7 系列产品, 它包括小型 PLC S7-200、中型 PLC S7-300 和大型 PLC S7-400。S7-200 系列 PLC 是一类小型 PLC, 其外观如图 1-8(a) 所示。

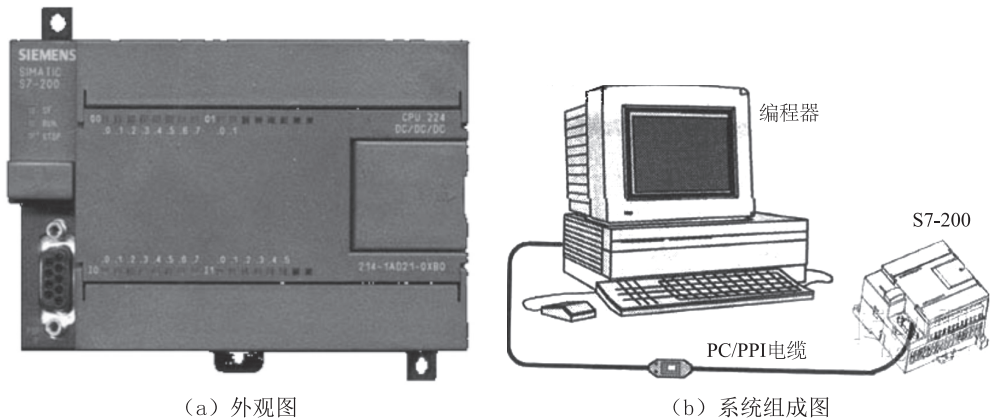


图 1-8 S7-200 系列 PLC

由于 S7-200 系列 PLC 具有紧凑的设计、良好的扩展性、低廉的价格和强大的指令系统，使得它能近乎完美地满足小规模的控制要求，适用于各行各业、各种场合中的检测、监测及控制的自动化。S7-200 系列的强大功能使其无论在独立运行中，还是相连成网络，皆能实现复杂的控制功能。另外，其丰富的 CPU 类型及电压等级，使其在解决用户的自动化问题时，具有很强的适应性。

S7-200 PLC 系统由基本单元 (S7-200 CPU 模块)、个人计算机 (PC) 或编程器、STEP7-Micro/WIN32 编程软件、通信电缆构成，如图 1-8(b) 所示。

(一) 基本单元

基本单元 (S7-200 CPU 模块) 也称为主机，为整体式结构，如图 1-9 所示，它由一个中央处理单元 (CPU)、I/O 模块、电源组成，这些被集成在一个箱型塑料机壳内。

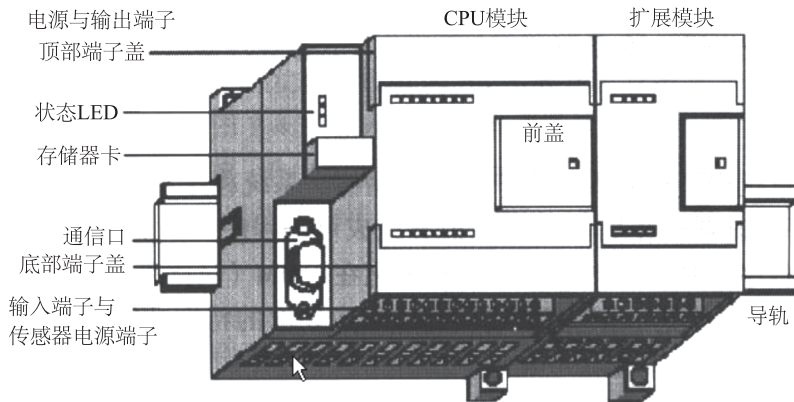


图 1-9 CPU 模块结构图

(二) 个人计算机或编程器

个人计算机 (PC) 或编程器在安装上 STEP7-Micro/WIN32 编程软件后，才可供用户进行程序的编写、编辑、调试和监视等。要求计算机 CPU 为 80586 或更高的处理器，内存容量为 16MB。

（三）STEP7-Micro/WIN32 编程软件

STEP7-Micro/WIN32 编程软件的基本功能是创建、编辑、调试用户程序和组态系统等。该编程软件支持 Windows 的应用软件。

（四）通信电缆

通信电缆（如 PC/PPI）用来实现 PLC 与个人计算机（PC）的通信。

为适应不同控制要求的场合，西门子公司推出多种 S7-200 PLC 主机的型号、规格。S7-200 CPU22X 系列产品有 CPU221 模块、CPU222 模块、CPU224 模块、CPU226 模块、CPU226XM 模块，所有型号都带有数量不等的数字量输入输出（I/O）点。S7-200 CPU 模块结构如图 1-9 所示，在顶部端子盖内有电源及输出端子；在底部端子盖内有输入端子及传感器电源；在中部右前侧盖内有 CPU 工作方式开关（RUN/STOP/TERM）、模拟调节电位器和扩展 I/O 接口；在模块左侧分别有状态 LED 指示灯、存储卡及通信接口。



知识链接

CPU 的速度和内存容量是 PLC 的重要参数，它们决定着 PLC 的工作速度，I/O 数量及软件容量等，因此限制着控制规模。

二、S7-200 PLC 的系统配置

（一）S7-200 PLC 的基本配置

从 CPU 模块的功能来看，SIMATIC S7-200 系列小型可编程控制器发展至今，大致经历了下面两代产品。

第一代产品：其 CPU 模块为 CPU21X，主机都可进行扩展。S7-21X 系列有 CPU212、CPU214、CPU215 和 CPU216 等几种型号。

第二代产品：其 CPU 模块为 CPU22X，是在 21 世纪初投放市场的，速度快，具有较强的通信能力。S7-22X 系列主要有 CPU221、CPU222、CPU224、CPU226 和 CPU224XP 等几种型号，除 CPU221 之外，其他都可增加扩展模块。

2004 年，西门子公司推出了 S7-200 CN 系列 PLC，是专门针对中国市场的产品。

对于每个型号，有直流（24V）和交流（120 ~ 220V）两种电源供电的 CPU 类型。

- DC/DC/DC：说明 CPU 是直流供电，直流数字量输入，数字量输出点是晶体管直流电路的类型。

- AC/DC/Relay：说明 CPU 是交流供电，直流数字量输入，数字量输出点是继电器触点的类型。

对于 S7-200 CPU 上的输出点来说，凡是 DC24V 供电的 CPU 都是晶体管输出，AC220V 供电的 CPU 都是继电器接点输出。

不同型号的 CPU 模块具有不同的规格参数。表 1-4 为 CPU22X 系列的技术指标。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06

appendix

表 1-4 S7-200 CPU22X 系列的技术指标

特性	CPU221	CPU222	CPU224	CPU224XP	CPU226
外形尺寸 (mm ³)	90×80×62		120.5×80×62	140×80×62	190×80×62
程序存储器 (B)					
运行模式下能编辑 运行模式下不能编辑	4KB	4KB	8KB	12KB	16KB
	4KB	4KB	12KB	16KB	24KB
数据存储器 (B)	2KB	2KB	8KB	10KB	10KB
掉电保持时间 (电容)	50h		100h		
本机 I/O: 数字量 模拟量	6 入 /4 出	8 入 /6 出	14 入 /10 出	14 入 /10 出	24 入 /16 出
	无	无	无	2 入 /1 出	无
扩展模块数量 (个)	0	2	7	7	7
高速计数器:	共 4 路	共 4 路	共 6 路	共 6 路	共 6 路
单相	4 路 30kHz	4 路 30kHz	6 路 30kHz	4 路 30 kHz 2 路 200 kHz	6 路 30kHz
双相	2 路 20kHz	2 路 20kHz	4 路 20kHz	3 路 20 kHz 1 路 100 kHz	4 路 20kHz
脉冲输出 (DC)	2 路 20kHz			2 路 100 kHz	2 路 20kHz
模拟电位器	1	1	2	2	2
实时时钟	配时钟卡	配时钟卡	内置	内置	内置
通信口	1 RS-485	1 RS-485	1 RS-485	2 RS-485	2 RS-485
浮点数运算	有				
数字量 I/O 映像区	128 入 /128 出				
模拟量 I/O 映像区	无	16 入 /16 出	32 入 /32 出		
布尔指令执行速度	0.22μs / 指令				
供电能力 (mA)	5VDC	0	340	660	1000
	24VDC	180	180	280	400

S7-200 PLC 各型号主机的 I/O 配置是固定的，它们具有固定的 I/O 地址。S7-200 CPU22X 系列产品的 I/O 配置及地址分配见表 1-5。

表 1-5 S7-200 CPU22X 系列产品的 I/O 配置及地址分配

项 目	CPU221	CPU222	CPU224	CPU226
本机数字量输入 地址分配	6 输入 I0.0~I0.5	8 输入 I0.0~I0.7	14 输入 I0.0~I0.7 I1.0~I1.5	24 输入 I0.0~I0.7 I1.0~I1.7 I2.0~I2.7
本机数字量输出 地址分配	4 输出 Q0.0~Q0.3	6 输出 Q0.0~Q0.5	10 输出 Q0.0~Q0.7 Q1.0~Q1.1	16 输出 Q0.0~Q0.7 Q1.0~Q1.7
本机模拟量 输入 / 输出	无	无	无	无
扩展模块数量	无	2 个模块	7 个模块	7 个模块

（二）S7-200 PLC 的扩展配置

采用主机带扩展模块的方法可以扩展 S7-200 PLC 的系统配置。采用数字量模块或模拟量模块可扩展系统的控制规模；采用智能模块可扩展系统的控制功能。S7-200 主机带扩展模块进行扩展配置时会受到相关因素的限制。

S7-200 CPU 为了扩展 I/O 点和执行特殊的功能，可以连接扩展模块（除 CPU221 外）。扩展模块主要有以下几类：数字量 I/O 模块；模拟量 I/O 模块和热电偶电阻模块。

1. 数字量 I/O 扩展模块

（1）数字量 I/O 扩展模块的分类

数字量 I/O 模块用来扩展 S7-200 系统的数字量 I/O 数量。根据不同的控制需要，可以选取 8 点、16 点和 32 点的数字量 I/O 扩展模块。连接时，将 CPU 模块放在最左侧，扩展模块用扁平电缆与左侧的模块相连。数字量 I/O 扩展模块主要分为：数字量输入模块（EM221）、数字量输出模块（EM222）及数字量输入 / 输出模块（EM223），见表 1-6。

表 1-6 数字量 I/O 扩展模块的分类

型 号	各组输入点数	各组输出点数
EM221 8 点 DC24V 输入	4, 4	无
EM221 8 点 AC120/230V 输入	8 点相互独立	无
EM221 16 点 DC24V 输入	4, 4, 4, 4	无
EM222 4 点 DC24V 输出 5A	无	4 点相互独立
EM222 4 点继电器输出 10A	无	4 点相互独立
EM222 8 点 DC24V 输出	无	4
EM222 8 点继电器输出	无	4, 4
EM222 8 点 AC120/230V 输出	无	8 点相互独立
EM223 DC4 输入 /DC 4 输出	4	4
EM223 DC8 输入 / 继电器 8 输出	4, 4	4, 4
EM223 DC8 输入 /DC8 输出	4, 4	4, 4
EM223 DC16 输入 /DC16 输出	8, 8	4, 4, 8
EM223 DC16 输入 / 继电器 16 输出	8, 8	4, 4, 4, 4

（2）数字量 I/O 扩展模块的输入、输出规范

数字量 I/O 扩展模块的输入规范、输出规范分别见表 1-7 和表 1-8。

表 1-7 数字量 I/O 扩展模块的输入规范

常 规	DC24V 输入	AC120/230V 输入（47~63Hz）
输入类型	漏型 / 源型（IEC 类型 1 漏型）	IEC 类型 1
额定电压	DC24V, 4mA	AC120V, 6mA 或 AC230V, 9mA
最大持续允许电压	DC30V	AC264V
浪涌电压（最大）	DC35V, 0.5s	—
逻辑 1（最小）	DC15V, 2.5mA	AC79V, 2.5mA

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06

appendix

常规	DC24V 输入	AC120/230V 输入 (47~63Hz)
逻辑 0 (最大)	DC5V, 1mA	AC20V 或 AC1mA
输入延时 (最大)	4.5ms	15ms
连接 2 线接近传感器允许的漏电流 (最大)	1mA	AC1mA
光电隔离	AC500V, 1min	AC1500V, 1min
电缆长度 (最大)	屏蔽 500m; 非屏蔽 300m	

表 1-8 数字量 I/O 扩展模块的输出规范

数字量输出规范	24V DC 输出	继电器输出		120/230V AC 输出
	0.75A	2A	10A	
输出类型	固态 -MOSFET (信号源)	干触点		直通
额定电压	24V DC	24V DC 或 250V AC		120/230 AC
电压范围	20.4~28.8V DC	5~30V DC 或 5~250V AC	12~30V DC 或 12~250V AC	40~264V AC (47~63Hz)
浪涌电流 (max)	8A, 100ms	5A, 4s, 10% 占空比	15A, 4s, 10% 占空比	5A/ms, 2AC 周期
逻辑 1 (min)	20V DC, 最大电流	—	—	L1 (-0.9V/ms)
逻辑 0 (max)	0.1V DC, 10kΩ 负载	—		—
每点额定电流 (max)	0.75A	2A	阻性 10A; 感性 2A DC; 感性 3A AC	0.5A, AC
公共端额定电流 (max)	6A	8A	10A	0.5A, AC
漏电流 (max)	10μA	—	—	132V AC 是 1.1mA/ms 264V AC 是 1.8mA/ms
灯负载 (max)	5W	30W DC 200W AC	100W DC 1000W AC	60W
接通电阻 (接点)	典型 0.3Ω (最大 0.6Ω)	最小 0.2Ω, 新的 时候	最小 0.1Ω, 新的 时候	最大 410Ω, 当 负载电流小于 0.05A 时
延时 断开到接通 / 接通到断开	150μs/200μs	—	—	0.2ms+1/2AC 周期
延时切换 (max)	—	10ms	15ms	—
脉冲频率 (max)	—	1Hz	1Hz	10Hz
机械寿命周期	—	1 千万次 (空载)	3 千万次 (空载)	—
触点寿命	—	10 万次 (额定负载)	3 万次 (额定负载)	—
电缆长度 (max)	屏蔽 500m, 非屏蔽 150m			



知识链接

1) 当一个机械触点接通 S7-200 CPU 或任意扩展模块的供电电源时, 它发送一个大约 50ms 的“1”信号到数字输出, 需要考虑这一点。

2) 如果因为过多的感性开关或不正常的条件而引起输出过热, 输出点可能关断或被损坏。如果输出在关断一个感性负载时遭受大于 0.7J 的能量, 那么输出将可能过热或被损坏。为了消除这个限制, 可以将抑制电路和负载并联在一起。

3) 如果负载是灯, 继电器使用寿命将降低 75%, 除非采取措施将接通浪涌降低到输出的浪涌电流额定值以下。

4) 灯负载的瓦特额定值是指额定电压情况。

2. 模拟量 I/O 扩展模块

生产过程中有许多电压、电流信号, 用连续变化的形式表示流量、温度、压力等工艺参数的大小, 就是模拟量信号, 这些信号在一定范围内连续变化, 如 $-10V \sim +10V$ 电压, $4 \sim 20mA$ 电流。

S7-200 不能直接处理模拟量信号, 必须通过专门的硬件接口, 把模拟量信号转换成 CPU 可以处理的数据, 或者将 CPU 运算得出的数据转换为模拟量信号。数据的大小与模拟量信号的大小有关, 数据的地址由模拟量信号的硬件连接所决定。用户程序通过访问模拟量信号对应的数据地址, 获取或输出真实的模拟量信号。S7-200 提供了专用的模拟量模块来处理模拟量信号, 如表 1-9 所示。

表 1-9 模拟量扩展模块

型 号	点 数
EM231	4 路模拟量输入
EM232	2 路模拟量输出
EM235	4 路模拟量输入 / 1 路模拟量输出

3. 温度测量扩展模块

温度测量扩展模块可以直接连接 TC (热电偶) 和 RTD (热电阻) 以测量温度。它们各自都可以支持多种热电偶和热电阻, 使用时只需简单设置就可以直接得到温度数据。例如, EM231 TC 表示 4 输入通道热电偶输入模块。EM231 RTD 表示 2 输入通道热电阻输入模块。表 1-10 为其常规规范。

表 1-10 温度测量扩展模块常规规范

模块名称	尺寸 (mm ³) $W \times H \times D$	重量	功耗	电源要求	
				DC+5V	DC+24V
EM231 TC	71.2×80×62	210g	1.8W	87mA	60mA
EM231 RTD	71.2×80×62	210g	1.8W	87mA	60mA

现选用 CPU226 模块作为主机进行系统的 I/O 配置, 如表 1-11 所示。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06

appendix

表 1-11 CPU226 模块的 I/O 配置及地址分配

主机	模块 0	模块 1	模块 2	模块 3
CPU226	8IN	4IN/4OUT	4AI/1AQ	4AI/1AQ
I0.0~I2.7/ Q0.0~Q1.7	I3.0~I3.7	I4.0/Q2.0	AIW0/AQW0	AIW8/AQW2
		I4.1/Q2.1	AIW2	AIW10
		I4.2/Q2.2	AIW4	AIW12
		I4.3/Q2.3	AIW6	AIW14

CPU226 模块可带 7 块扩展模块，表中 CPU226 模块带了 4 块扩展模块、CPU226 模块提供的主机 I/O 点有 24 个数字量输入点和 16 个数字量输出点。

模块 0 是一块具有 8 个输入点的数字量扩展模块。

模块 1 是一块 4IN/4OUT 的数字量扩展模块，实际上它却占用了 8 个输入点地址和 8 个输出点地址，即 (I4.0 ~ I4.7/Q2.0 ~ Q2.7)。其中输入点地址 (I4.4 ~ I4.7)、输出点地址 (Q2.4 ~ Q2.7) 由于没有提供相应的物理点与之相对应，因而与之对应的输入映像寄存器 (I4.4 ~ I4.7)、输出映像寄存器 (Q2.4 ~ Q2.7) 的空间就被丢失了，且不能分配给 I/O 链中的后续模块。由于输入映像寄存器 (I4.4 ~ I4.7) 在每次输入更新时都被清零，因此不能用做内部标志位存储器，而输出映像寄存器 (Q2.4 ~ Q2.7) 可以作为内部标志位存储器使用。

模块 2、模块 3 是具有 4 个输入通道和 1 个输出通道的模拟量扩展模块。模拟量扩展模块是以 2 个字节递增的方式来分配空间的。



知识链接

PLC 的编址方法：(1) 同种类型输入点或输出点的模块在链中按与主机的相对位置而递增。(2) 其他类型模块的有无以及所处的位置不影响本类型模块的编号。

(三) 内部电源的负载能力

1. PLC 内部 DC+5V 电源的负载能力

CPU 模块和扩展模块正常工作时，需要 DC+5V 工作电源。S7-200 PLC 内部电源单元提供的 DC+5V 电源为 CPU 模块和扩展模块提供了工作电源。其中，扩展模块所需的 DC+5V 工作电源是由 CPU 模块通过总线连接器提供的。CPU 模块向其总线扩展接口提供的电流值是有限制的。在配置扩展模块时，应注意 CPU 模块所提供 DC+5V 电源的负载能力。电源超载会发生难以预料的故障或事故。为确保电源不超载，应使各扩展模块消耗 DC+5V 电源的电流总和不超过 CPU 模块所提供电流值。否则，要对系统重新配置。

系统配置后，必须对 S7-200 主机内部的 DC+5V 电源的负载能力进行校验。

2. PLC 内部 DC+24V 电源的负载能力

S7-200 主机的内部电源单元除了提供 DC+5V 电源外，还提供 DC+24V 电源。DC+24V 电源也称为传感器电源，它可以作为 CPU 模块和扩展模块用于检测直流信号输入点状态的 DC24V 电源。如果用户使用传感器，也可作为传感器的电源。一般情况下，

CPU 模块和扩展模块的输入点和输出点所用的 DC24V 电源由用户外部提供。如果使用 CPU 模块内部的 DC24V 电源，应注意该 DC24V 电源的负载能力，使 CPU 模块及各扩展模块所消耗电流的总和不超过该内部 DC24V 电源所提供的最大电流（400mA）。

使用时，若需用户提供外部电源（DC24V），应注意电源的接法：主机的传感器电源与用户提供的外部 DC24V 电源不能采用并联连接，否则将会导致两个电源的竞争而影响它们各自的输出。这种竞争的结果会缩短设备的寿命，或者使得一个电源或两者同时失效，并且使 PLC 系统产生不正确的操作。

任务实施

一、拆卸 S7-200 CPU 或扩展模块

- (1) 拆卸 S7-200 的电源。
- (2) 拆卸模块上的所有连线和电缆。大多数的 CPU 有可拆卸的端子排，使这项工作变得简单。
- (3) 如果有其他扩展模块连接在所拆卸的模块上，应先打开前盖，拔掉相邻模块的扩展扁平电缆。如图 1-10 所示。
- (4) 拆掉安装螺钉或者打开 DIN 夹子。
- (5) 拆卸模块。

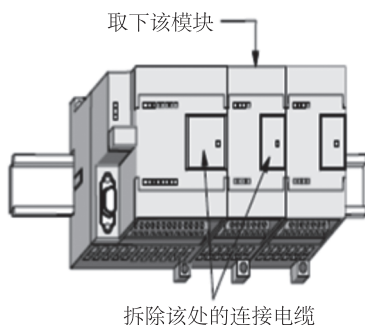


图 1-10 拆卸 S7-200CPU

二、拆卸端子排

为了安装和替换模块方便，大多数的 S7-200 模块都有可拆卸的端子排，其中 S7-200 CPU224、CPU224XP、CPU226 上可插拔。

1. 打开端子排安装位置的上盖，以便可以接近端子排。
2. 把螺丝刀插入端子块中央的槽口中。
3. 用力下压并撬出端子排。如图 1-11 所示。

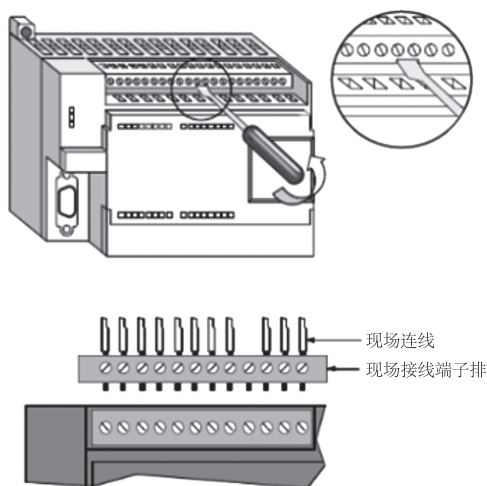


图 1-11 拆卸端子排

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

appendix



任务评价

序号	检查项目	评价方式（总分 100 分）
1	拆卸前是否进行断电检查	若未进行断电检查，记零分
2	拆卸端子排的方式是否正确	拆卸端子排的方式不正确扣 30 分
3	拆卸过程中的操作是否正确，是否对模块有损坏	操作错误扣 20 分，对模块有损坏扣 30 分

项目总结

可编程控制器被誉为现代工业自动化的三大技术支柱之一。本项目对可编程控制器的产生、分类、特点、应用及发展，可编程控制器的定义、基本组成、工作原理及技术指标、系统构成和系统配置等知识作了详细的介绍，并就如何安装和拆卸 S7-200 PLC 作了详细的介绍，为以后的学习打下基础。

项目检测

1. 简述可编程控制器的定义。
2. 可编程控制器有哪些主要特点？
3. 可编程控制器的基本组成有哪些？
4. 与一般的计算机控制系统相比，PLC 有哪些优点？
5. 可编程控制器的输入接口电路有哪几种形式？输出接口电路有哪几种形式？
6. 可编程控制器的工作原理是什么？
7. 可编程控制器的工作过程是怎样的？
8. 可编程控制器的工作方式如何进行改变？
9. 可编程控制器可以用在哪些领域？
10. 可编程序控制器的主要构成有哪几部分？各部分功能是什么？
11. S7-200 PLC 的扩展模块主要有多少种类？说明其用途？

项目二

PLC 程序设计基础

项目导读

电动机控制作为机械控制的基础，是非常重要的。十字路口交通灯的控制日常生活中随处可见。而本项目正是以电动机正反转控制系统和十字路口交通灯控制系统的设计与实现为目的，详细介绍 S7-100 PLC 的编程基础、基本逻辑指令、定时器指令及计数器指令等知识。并对电动机正反转控制和十字路口交通灯控制的设计方法作了详解，掌握使用这些知识是本课程最基本的要求之一，对以后的学习和工作都具有重要的意义。

项目要点

本项目主要带领大家学习可编程控制器系统的一些编程知识，主要包括以下几点：

1. S7-200 PLC 编程基础
2. S7-200 PLC 基本逻辑指令
3. S7-200 PLC 定时器指令
4. S7-200 PLC 计数器指令

任务一：设计并实现电动机 正反转控制系统

任务引入

电动机的正反转控制是电动机控制的基本环节之一，通过控制电动机的正反转，可以控制机械的前后、左右、上下等往返运动，从而控制机械的基本运动方式，比如数控机床主轴的前进和后退，电梯的上升和下降，各种工作台的前后、左右、上下移动等。本任务需要使用可编程控制器来实现电动机的正反转运动。

任务分析

设计实现一个电动机的控制系统，要求能够用 PLC 实现对电动机进行正转、反转连续运行控制，并要求在电动机连续运行时，可随时控制其停止。同时要求形成此控制系统相应的设计文档。

该任务的控制系统比较容易实现，只需要一般的 PLC 即可。它主要包括控制部分 PLC，以及控制和显示电动机启动和停止的按钮、指示灯，还有控制电动机主电路通断的接触器等。要完成该任务，首先要对 PLC、接触器等进行选型，其次是设计电气原理图及相应的文档以及系统的安装、施工和调试。

在完成该任务的控制系统设计之前，先学习 PLC 的相关知识，这就要从学习 PLC 的结构、性能指标，输入 / 输出模块的结构和性能、基本逻辑指令等开始，下面就德国西门子 S7-200 PLC 与本任务相关的理论知识进行详解。

知识准备

一、S7-200 PLC 的编程基础

（一）程序的结构

S7-200 PLC 的程序有三种：主程序、子程序、中断程序。

主程序是程序的主体，一个项目只能有一个主程序，默认名称为 OB1（主程序、子程序和中断程序的名称用户可以修改）。在主程序中可以调用子程序和中断程序，CPU 在每个扫描周期都要执行一次主程序。

子程序是可以被其他程序调用的程序，可以达到 64 个，默认名称分别为 SBR0~SBR63。使用子程序可以提高编程效率且便于移植。

中断程序用来处理中断事件，可以达到 128 个，默认名称分别为 INTO~INT127。中断程序不是由用户调用的，而是由中断事件引发的。在 S7-200 PLC 中能够引发中断的事件有输入中断、定时中断、高速计数器中断和通信中断等。

（二）S7-200 PLC 的编程语言

PLC 的编程语言主要有梯形图、语句表、功能块图、顺序功能图和结构化文本 5 种。这些编程语言的使用与 PLC 的型号和编程器的类型有关，如简易编程器只能使用语句表方式编程。目前，计算机编程器和 PLC 编程软件广泛应用于 S7 的编程工作。

1.1 梯形图 (LAD)

梯形图是最常用的可编程控制器图形编程语言，是从继电器控制系统原理图的基础上演变而来的。梯形图保留了继电器电路图的风格和习惯，具有直观、形象、易懂的优点，对于熟悉继电器-接触器控制系统的人来说，易于接受、掌握。梯形图特别适用于开关量逻辑控制。

图 2-1 (a) 为一简单的启停控制电路，SB1 为停止按钮（常闭触点），SB2 为启动按钮（常开触点），KM1 为被控接触器（利用自身的常开触点和启动按钮并联实现自锁），图中控制电路的电源为 DC24V。

图 2-1 (b) 为实现相同功能的 PLC 梯形图程序。硬件上：启动按钮 SB2 的常开触点连接输入端子 0.0，对应的地址为 I0.0。停止按钮 SB1 的常开触点连接输入端子 0.1，对应的地址为 I0.1。接触器 KM1 的线圈连接输出端子 0.0，对应的地址为 Q0.0。一般情况下，具有“停止”和“急停”功能的按钮，连接硬件时要使用常闭触点，以防止因不能发现断线等故障而失去作用。如果停止按钮 SB1 的常闭触点连接到输入端子 0.1 上，则梯形图中 I0.1 要使用常开触点。

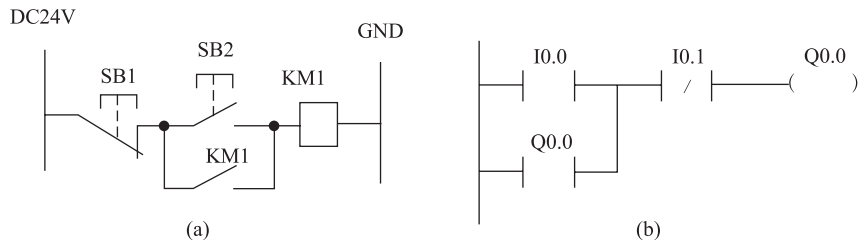


图 2-1 继电器电路图和梯形图

小提示

在分析梯形图中的逻辑关系时，为了借用继电器电路图的分析方法，可以想象左右两侧母线之间有一个左正右负的直流电源电压，当图 2-4 (b) 中的 I0.0、I0.1 的触点接通，或 Q0.0、I0.1 的触点接通时有一个假想的“能流”流过 Q0.0 的线圈（或称 Q0.0 线圈得电）。利用能流这一概念，可以帮助我们更好地理解和分析梯形图，能流只能从左向右流动。

梯形图语言具有以下特点：

(1) 梯形图是一种图形语言，沿用传统继电器电路图中的继电器触点、线圈、串联、并联等术语和一些图形符号构成，左、右的竖线分别称为左、右母线（S7-200 CPU 梯形图中省略了右侧的母线）。

(2) 梯形图自上而下、从左到右的顺序排列。每个梯形图均起始于左母线，然后是触点的各种连接，最后是线圈与右母线相连，整个图形呈梯形。

(3) 梯形图是 PLC 形象化的编程方式，其左、右母线并不接任何电源，因而，图中各支路也没有真实的电流流过。但为了方便，常用“有电流”或“得电”等来形象地描述用户程序解算中满足输出线圈的动作条件。

(4) 梯形图中的继电器不是继电器控制线路中的实际继电器，它实质上是变量存

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

appendix

储器中的位触发器，因此，称为“软继电器”，相应某位触发器为“1”态，表示该继电器线圈通电，其动合（常开）触点闭合、动断（常闭）触点打开。梯形图中继电器的线圈是广义的，除了输出继电器、内部继电器线圈外，还包括定时器、计数器等线圈。

(5) 梯形图中，信息流程从左到右，继电器线圈应与右母线直接相连，线圈的右边不能有触点，而左边必须有触点。

(6) 一般情况下，不推荐在一个程序中重复使用继电器线圈（使用置位、复位指令除外），即使程序编译无错误。而继电器的触点，编程中可以重复使用，且使用次数不受限制。

小提示

用编程软件生成的梯形图和语句表程序中有网络编号，允许以网络为单位，给梯形图加注释。在网络中，程序的逻辑运算按从左到右的方向执行，与能流的方向一致。各网络按从上到下的顺序执行，执行完所有的网络后，返回最上面的网络重新执行。

使用编程软件可以直接生成和编辑梯形图，并将它下载到可编程序控制器。

2. 功能块图 (FBD)

功能块图 (Function Block Diagram) 是一种图形化的高级编程语言，它类似于普通逻辑功能图，沿用了半导体逻辑电路的逻辑框图的表达方式。如图 2-5 所示的功能块图，方框的左侧为逻辑运算的输入变量，右侧为输出变量，信号自左向右流动。

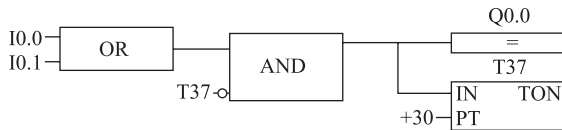


图 2-2 功能块图

3. 语句表 (STL)

语句表比较适合于熟悉可编程控制器和逻辑程序设计经验丰富的程序员使用，它可以实现某些不能用梯形图或功能块图实现的功能。语句表指令是一种与计算机汇编语言指令相似的助记符表达式，但比汇编语言易懂易学。一条指令由步序、指令语和作用器件编号 3 部分组成。由指令组成的程序叫做语句表程序或指令表程序。与图 2-1 (b) 所示的梯形图等价的语句表程序如下：

LD	I0.0
O	Q0.0
AN	I0.1
=	Q0.0

S7-200 CPU 在执行程序时要用到逻辑堆栈，梯形图和功能块图编辑器自动地插入处理栈操作所需要的指令。在语句表程序中，必须由编程人员加入这些堆栈处理指令。

4. 顺序功能流程图 (SFC)

顺序功能流程图 (Sequence Function Chart) 编程是一种图形化的编程方法, 亦称功能图。使用它可以对具有并发、选择等复杂结构的系统进行编程, 许多 PLC 都提供了用于 SFC 编程的指令。目前, 国际电工委员会 (IEC) 也正在实施并发展这种语言的编程标准。顺序功能流程图的主要元素是步、转移、转移条件和动作。如图 2-3 所示。

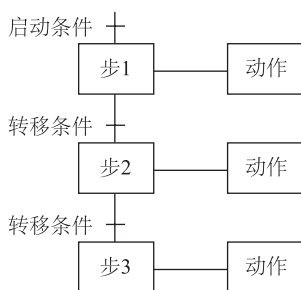


图 2-3 顺序功能流程图

(三) S7-200 PLC 的数据区

数据区是 S7-200 CPU 提供的存储器 (EEPROM 或 RAM) 的特定区域, 是用户程序执行过程中的内部工作区域, 用于对输入输出数据进行存储。它包括输入映像寄存器 (I)、输出映像寄存器 (Q)、变量存储器 (V)、内部标志位存储器 (M)、顺序控制继电器存储器 (S)、特殊标志位存储器 (SM)、局部存储器 (L)、定时器存储器 (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)、高速计数器 (HC)。

1. 输入映像寄存器 I

PLC 的输入端子是从外部接收输入信号的窗口。每个输入端子与输入映像寄存器 (I) 的相应位对应。输入点的状态, 在每次扫描周期开始 (或结束) 时进行采样, 并将采样值存于输入映像寄存器, 作为程序处理时输入点状态的依据。输入映像寄存器的状态只能由外部输入信号驱动, 而不能在内部由程序指令来改变。

输入映像存储器可以按位、字节、字、双字四种方式来存取。

2. 输出映像寄存器 Q

每个输出模块的端子与输出映像寄存器的相应位对应。CPU 将输出判断结果存放在输出映像寄存器中, 在扫描周期结束时, 以批处理方式将输出映像寄存器的数值复制到相应的输出端子上, 通过输出模块将输出信号传送给外部负载。输出映像存储器中的每一位对应一个输出量结点。

输出映像存储器可以按位、字节、字、双字四种方式来存取。

I/O 映像区实际上就是外部输入输出设备状态的映像区, PLC 通过 I/O 映像区的各个位与外部物理设备建立联系。I/O 映像区每个位都可以映像输入、输出单元上的每个端子状态。

在程序的执行过程中, 对于输入或输出的存取通常是通过映像寄存器, 而不是实际的输入、输出端子。S7-200 CPU 执行有关输入输出程序时的操作过程如图 2-4 所示。图中, 按钮 SB1 的状态存于输入映像寄存器 I 的第四位, 即 I0.3; 输出继电器的状态对应于输出映像寄存器 Q 的第五位, 即 Q0.4。这样映像方法使得系统在程序执行期间完全与外界隔开, 从而提高了系统的抗干扰能力。此外, 外部输入点的存取只能按位进行, 而 I/O 映像寄存器的存取可按位、字节、字、双字进行, 而且用户程序存取映像寄存器中的数据要比存取输入、输出物理点要快得多, 因而使操作更加快速、灵活。

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

appendix

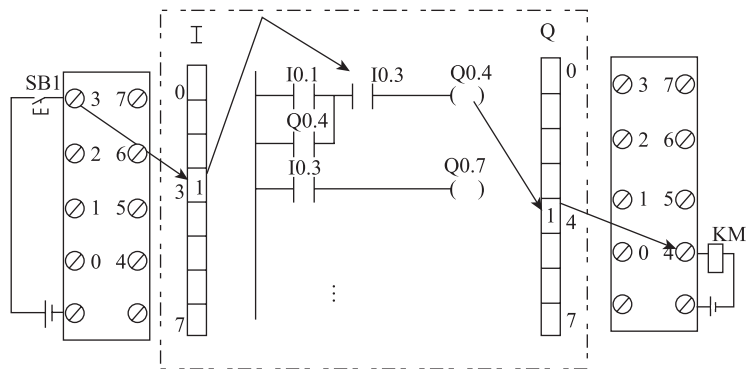


图 2-4 S7-200 CPU 输入、输出的操作

3. 模拟量输入映像存储器 AI

S7-200 将模拟量（如温度或电压）转换成 1 个字长（2 个字节）的数字量。可以用区域标识符（AI）、数据长度（W）及字节的起始地址来存取这些值。因为模拟输入量为 1 个字长，且从偶数位字节（如 0，2，4）开始，所以必须用偶数字节地址（如 AIW0，AIW2，AIW4）来存取这些值。模拟量输入值为只读数据。

4. 模拟量输出映像存储器 AQ

S7-200 把 1 个字长（2 个字节）的数字值按比例转换为电流或电压。可以用区域标识符（AQ）、数据长度（W）及字节的起始地址来改变这些值。因为模拟量为一个字长，且从偶数字节（如 0，2，4）开始，所以必须用偶数字节地址（如 AQW0，AQW2，AQW4）来改变这些值。模拟量输出值是只写数据。

5. 变量存储器 V

变量存储器（V）用于存放全局变量以及程序执行过程中控制逻辑操作的中间结果或其他相关的数据。变量存储器是全局有效。所谓全局有效，是指同一个存储器可以在任一程序分区（主程序、子程序、中断程序）被访问。

变量存储器 V 可以按位、字节、字、双字四种方式来存取。

6. 局部存储器 L

局部存储器是 S7-200 PLC CPU 为局部变量数据建立的一个存储器，S7-200 PLC 共有 64 个字节的局部存储器，其中 60 个可以用做临时存储器或者用于给子程序传递参数。

局部存储器和变量存储器很相似，但是变量存储器是全局有效的，而局部存储器只在局部有效。所谓局部，是指存储器区和特定的程序相关联。存储在局部存储器中的局部变量仅在创建它的程序中有效，即只有创建它的程序能存取其中的数据，其他程序不能访问。S7-200 给主程序分配 64 个局部存储器，给每一级子程序嵌套分配 64 个字节局部存储器，同样给中断服务程序分配了 64 个字节局部存储器。（每个子程序最多可以传递的参数为 16 个）

S7-200 PLC 根据需要分配局部存储器。也就是说，当执行主程序时，分配给子程序或中断服务程序的局部存储器是不存在的。当发生中断或者调用一个子程序时，需

要分配局部存储器。新的局部存储器地址可能会覆盖另一个子程序或中断服务程序的局部存储器地址。

在分配局部存储器时，PLC 不进行初始化，初值可能是任意的。若在调用子程序时传递参数，在被调用子程序的局部存储器中，由 CPU 替换其被传递的参数值。局部存储器在参数传递过程中不传递值，在分配时不被初始化，可能包含任意数值。

局部存储器区的数据可以按位、字节、字、双字四种方式来存取。

7. 位存储器 M

位存储器 M 用于保存中间操作状态和控制信息。该区虽然称为位存储器，但是其中的数据同样可以按位、字节、字、双字四种方式来存取。



知识链接

位存储器 M 和变量存储器 V 比较，区别如下：

- (1) 变量存储器 V 的内存区域大，一般用于存放模拟量和运算中间量，而位存储器 M 一般用于存放位变量；
- (2) 位存储器 M 指令码短，存储和执行效率高；
- (3) 位存储器 M 中 MB0~MB13 如设为保持，在断电时直接写入 E²PROM 永久保持，其它的由电容或电池保持。

8. 特殊存储器 SM

它是用户程序与系统程序之间的界面，为用户提供一些特殊的控制功能及系统信息，用户对操作的一些特殊要求也通过特殊标志位 (SM) 通知系统。特殊标志位区域分为只读区域 (SM0.0 ~ SM29.7，前 30 个字节为只读区) 和可读写区域，在只读区特殊标志位，用户只能利用其触点。例如：

- SM0.0 RUN 监控，PLC 在 RUN 方式时，SM0.0 总为 1；
- SM0.1 初始脉冲，PLC 由 STOP 转为 RUN 时，SM0.1 接通一个扫描周期；
- SM0.3 PLC 上电进入 RUN 方式时，SM0.3 接通一个扫描周期；
- SM0.5 秒脉冲，占空比为 50%，周期为 1s 的脉冲等。

可读写特殊标志位用于特殊控制功能，例如，用于自由通信口设置的 SMB30，用于定时中断间隔时间设置的 SMB34/SMB35，用于高速计数器设置的 SMB36 ~ SMB65，用于脉冲串输出控制的 SMB66 ~ SMB85……

特殊存储器 SM 可以按位、字节、字、双字四种方式来存取。

9. 定时器存储器 T

定时器是 PLC 实现定时功能的计时装置，相当于继电器控制电路中的时间继电器。定时器对时间间隔计数，时间间隔又称“分辨率”。S7-200 CPU 提供三种定时器分辨率：1ms、10ms 和 100ms。

定时器存储器的每个定时器地址包括存储器标识符和定时器号两部分。存储器标识符为“T”，定时器号为整数，如 T0 表示 0 号定时器。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06

appendix

10. 计数器存储器 C

计数器用来累计输入脉冲的个数，计数脉冲由外部输入，计数脉冲的有效沿是输入脉冲的上升沿或下降沿，计数器有加计数器、减计数器和加减计数器三种。

计数器存储器每个计数器地址包括存储器标识符、计数器号两部分。存储器标识符为“C”，定时器号为整数，如 C1 表示 1 号计数器。

11. 高速计数器存储器 HC

高速计数器用来累计比 CPU 扫描速率更快的事件。普通计数器的当前值和设定值为 16 位有符号整数，而高速计数器的当前值和设定值为 32 位有符号整数。

高速计数器存储器每个高速计数器地址包括存储器标识符和计数器号两部分。存储器标识符为“HSC”，定时器号为整数，如 HSC0 表示 0 号高速计数器。

12. 顺序控制继电器 S

PLC 在执行程序的过程中，可能会用到顺序控制。顺序控制继电器就是在顺序控制过程中，用于组织步进过程的控制。

顺序控制继电器 S 可以按位、字节、字、双字四种方式来存取。

13. 累加器 AC

累加器是可以像存储器那样进行读写的设备。例如，可以利用累加器向子程序传递参数，或从子程序返回参数，以及用来存储计算的中间结果。但是，不能利用累加器进行主程序和中断子程序之间的参数传递。S7-200 提供了 4 个 32 位累加器（AC0、AC1、AC2、AC3）。可以按字节、字或双字来存取累加器数据中的数据。但是，以字节或字的方式读写累加器中的数据时，只能读写累加器 32 位数据中的最低 8 位或 16 位数据。只有采取双字的形式读写累加器中的数据时，才能一次读写全部 32 位数据。

累加器存储器每个累加器地址包括存储器标识符和累加器号两部分。存储器标识符为“AC”，定时器号为整数，如 AC0 表示 0 号累加器。

（四）数据区存储器的地址表示格式

存储器由许多存储单元组成，每个存储单元都有唯一的地址，可以依据存储器地址来存取数据。数据区存储器地址的表示格式有位、字节、字、双字地址格式。

1. 位地址格式

数据区存储器区域的某一位的地址格式为：Ax.y。

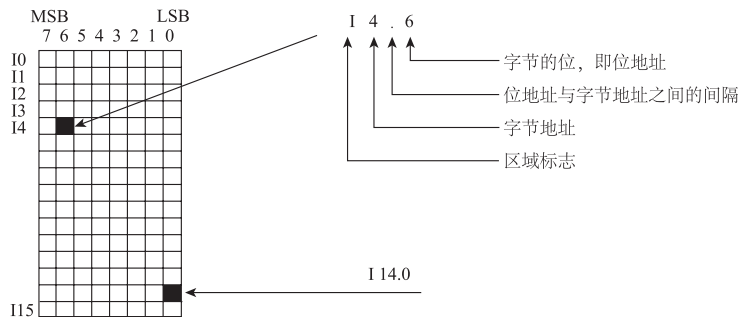


图 2-5 位寻址格式

必须指定存储器区域标识符 A、字节地址 x 及位号 y。例如，I4.6 表示图 2-5 中黑色标记的位地址，其中 I 是变量存储器的区域标识符，4 是字节地址，6 是位号，在字节地址 4 与位号 5 之间用点号“.”隔开。图 2-5 中 MSB 表示最高位，LSB 最低位。

2. 字节、字、双字地址格式

数据区存储器区域的字节、字、双字地址格式为：ATx。

必须指定区域标识符 A、数据长度 T 以及该字节、字或双字的起始字节地址 x。图 2-6 中，用 VB100、VW100、VD100 分别表示字节、字、双字的地址。VW100 由 VB100、VB101 两个字节组成；VD100 由 VB100 ~ VB103 四个字节组成。

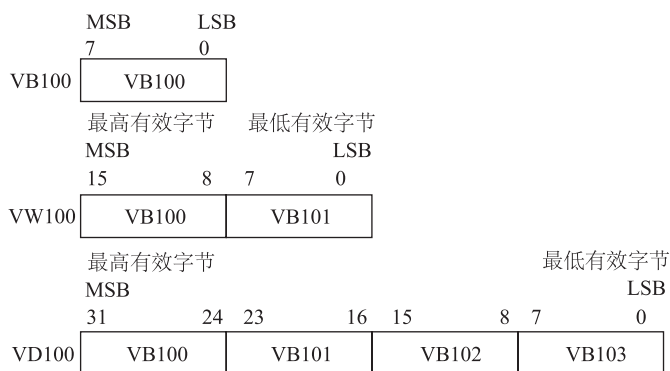


图 2-6 字节、字、双字寻址格式

3. 其他地址格式

数据区存储器区域中，还包括定时器存储器 (T)、计数器存储器 (C)、累加器 (AC)、高速计数器 (HC) 等，它们是模拟相关的电器元件的。它们的地址格式为：Ay，即由区域标识符 A 和元件号 y 组成。例如，T24 表示某定时器的地址，其中 T 是定时器的区域标识符，24 是定时器号，同时 T24 又可表示此定时器的当前值。

(五) 数据类型与数据长度

S7-200 PLC 的指令参数所用的基本数据类型有 1 位布尔型 (BOOL)、8 位字节型 (BYTE)、16 位无符号整数 (WORD)、16 位有符号整数 (INT)、32 位无符号双字整数 (DWORD)、32 位有符号双字整数 (DINT)、32 位实数型 (REAL)。其中，实数型 (REAL) 是按照 ANSI/IEEE754—1985 标准 (单精度) 的表示格式规定的。

CPU 存储器中存放的数据类型可分为 BOOL、BYTE、WORD、INT、DWORD、DINT、REAL。不同的数据类型具有不同的数据长度和数值范围。在上述数据类型中，用字节 (B) 型、字 (W) 型、双字 (D) 型分别表示 8 位、16 位、32 位数据的数据长度。不同的数据长度对应的数值范围如表 2-1 所示。例如，数据长为字 (W) 型的无符号整数 (WORD) 的数值范围为 0 ~ 65535。不同数据长度的数据所能表示的数值范围是不同的。

表 2-1 数据长度与数值

数据长度	无符号数		有符号数	
	十进制	十六进制	十进制	十六进制
B(字节型) 8 位值	0 ~ 255	0 ~ FF	-128 ~ 127	80 ~ 7F
W(字型) 16 位值	0 ~ 65535	0 ~ FF	-32768 ~ 32767	8000 ~ 7FFF
D(双字型) 32 位值	0 ~ 4294967295	0 ~ FFFF FFFF	-2147483648 ~ 2147483647	8000 0000 ~ 7FFF FFFF
R(实数型) 32 位值	$-10^{38} \sim +10^{38}$			

小提示

在 SIMATIC 指令集中, 指令的操作数是具有一定的数据和长度的。例如, 整数乘法指令的操作数是字型数据; 数据传送指令的操作数可以是字节、字或双字型数据。因此编程时应注意操作数的数据类型与指令标识符相匹配。

(六) S7-200 PLC 寻址方式

在 S7-200 PLC 中, CPU 存储器的寻址方式分为立即寻址、直接寻址和间接寻址三种不同的形式。

1. 立即寻址

立即寻址方式是, 指令直接给出操作数, 操作数紧跟着操作码, 在取出指令的同时也就取出了操作数, 立即有操作数可用, 所以称为立即操作数(或立即寻址)。立即寻址方式用来提供常数、设置初始值等。指令中常常使用常数。常数值可分为字节、字、双字型等数据。CPU 以二进制方式存储所有常数。指令中可用十进制、十六进制、ASCII 码或浮点数形式来表示。十进制、十六进制、ASCII 码浮点数的表示格式举例如下:

十进制常数: 30112
 十六进制常数: 16#42F
 ASCII 常数: 'INPUT'
 实数或浮点常数: +1.112234E-10 (正数) -1.328465E-10 (负数)
 二进制常数: 2#0101 1110

上述例子中的 # 为常数的进制格式说明符。如果常数无任何格式说明符, 系统默认为十进制。

2. 直接寻址

在一条指令中, 如果操作数是以其所在地址的形式出现的, 这种指令的寻址方式就是直接寻址。

例如: MOV B VB40 VB30

该指令的功能是将 VB40 中的数据传给 VB30, 指令中源操作数的数值在指令中并

未给出，只给出了存储源操作数的地址 VB40，执行该指令时要到该地址 VB40 中寻找操作数，这种以给出操作数地址的形式的寻址方式就是直接寻址。

前面所述的 13 个存储器均可用于直接寻址。

3. 间接寻址

所谓间接寻址方式，就是在存储单元中放置一个地址指针，按照这一地址指针所指地址找到的存储单元中的数据才是所要取的操作数，相当于间接地取得数据。地址指针前加“*”。

例如：MOVW 2009 *VD40

该指令中，*VD40 就是地址指针，在地址 VD40 中存放的是一个地址值，即操作数 2009 应存储的地址。如果 VD40 中存放的是 VW0，那么该指令的功能是将数值 2009 传送到地址 VW0 中。

S7-200 PLC 的间接寻址方式适用的存储器是 I、Q、V、M、S、T（限于当前值）、C（限于当前值）。除此之外，间接寻址还需建立间接寻址的指针和对指针的修改。

为了对某一存储器的某一地址进行间接访问，首先要为该地址建立指针。指针长度为双字，存放另一个存储器的地址。间接寻址的指针只能使用 V、L、AC1、AC2、AC3 作为指针。为了生成指针，必须使用双字传送指令（MOVD），将存储器某个位置的地址移入存储器的另一个位置或累加器中作为指针。指令的输入操作数必须使用“&”符号表示是某一位置的地址，而不是它的数值。

例如：MOVD &VB0, AC2

该指令的功能是将 VB0 这个地址送入 AC2 中（不是把 VB0 中存储的数据送入 AC2 中），执行该指令后，AC2 即是间接寻址的指针。

在间接寻址方式中，指针指示了当前存取数据的地址。当一个数据已经存入或取出时，如果不及时修改指针会出现以后的存取仍使用已经用过的地址，为了使存取地址不重复，必须修改指针。因为指针为 32 位的值，所以使用双字指令来修改指针值。加法指令或自增指令可用于修改指针值。

小提示

在间接寻址方式中，要注意所存取的数据的长度。当存取一个字节时，指针值加 1；当存取一个字、定时器或计数器的当前值时，指针值加 2；当存取双字时，指针值加 4。

二、S7-200 PLC 的基本逻辑指令

S7-200 PLC 的基本逻辑指令是 PLC 最常用的基本指令，梯形图指令有触点和线圈两大类，触点又可以分为常开触点和常闭触点两种形式；语句表指令有与、或一级输出等逻辑关系。基本逻辑指令可以编制基本逻辑控制、顺序控制等中等规模的用户程序，同时也可以编制复杂综合系统程序。

（一）触点装载（LD、LDN）及线圈驱动（=）指令

LD：常开触点逻辑运算的开始。对应梯形图则为在左侧母线或线路分支点处装载一个常开触点，后跟表示继电器触点的编号。

chapter

01

chapter

02

chapter

03

chapter

04

chapter

05

chapter

06

appendix

LDN：常闭触点逻辑运算的开始。对应梯形图则是在左侧母线或线路分支点处装载一个常闭触点。

=：输出指令，对应梯形图则为线圈驱动。对同一元件一般只能使用一次。

【例 2-1】一个按键开关的一组常开触点接 PLC 的 I0.0 输入端子，两指示灯分别接 Q0.0、Q0.1 两个输出端子。要求：当按下按键开关 Q0.0 时灯亮，没按按钮时 Q0.1 灯亮。控制梯形图与指令表如图 2-7 所示。

LD、LDN、= 指令使用说明：

(1) 触点代表 CPU 对存储器的读操作，常开触点和存储器的位状态一致，常闭触点和存储器的位状态相反。用户程序中同一触点可使用无数次。

(2) 线圈代表 CPU 对存储器的写操作，若线圈左侧的逻辑运算结果为“1”，表示能流能够达到线圈，CPU 将该线圈所对应的存储器的位置为“1”，若线圈左侧的逻辑运算结果为“0”，表示能流不能够达到线圈，CPU 将该线圈所对应的存储器的位写入“0”。用户程序中，同一线圈在同一程序中一般只能使用一次。

(3) LD、LDN 指令用于与左母线相连的触点，也可与 OLD、ALD 指令配合使用于分支回路的开始。

(4) “=” 指令用于 Q、M、SM、T、C、V、S，但不能用于输入映像寄存器 I。输出端不带负载（即不是数字量输出点 QX.X）时，控制线圈应尽量使用 M 或其他位存储区，而不用 QX.X。“=” 可以并联使用任意次，但不能串联。

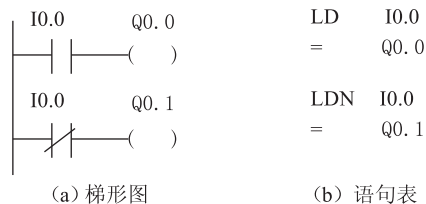


图 2-7 LD、LDN、= 指令应用举例

(二) 触点串联 (A、AN) 及触点并联 (O、ON) 指令

A：表示串联常开触点，表示前面的逻辑结果与该触点进行“与”运算。

AN：表示串联常闭触点，表示前面的逻辑结果与该触点的“非”进行“与”运算。

O：表示并联常开触点，表示前面的逻辑结果与该触点进行“或”运算。

ON：表示并联常闭触点，表示前面的逻辑结果与该触点的“非”进行“或”运算。

【例 2-2】设计电动机启停控制线路，其中启动按钮和停止按钮分别接 I0.0、I0.1 输入端子，电动机线圈接 Q0.0 输出端子。控制梯形图与指令表如图 2-8 所示。

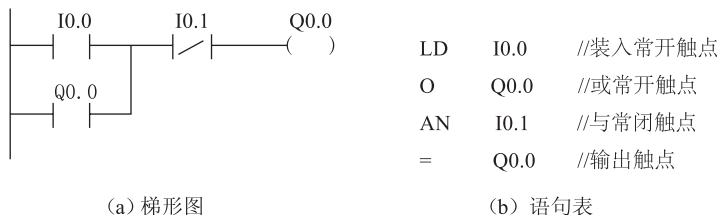


图 2-8 A、AN、O、ON 指令应用举例

指令使用说明：

(1) A/AN 是单个触点串联指令，可连续使用。

(2) O/ON 指令可以作为并联一个触点指令，紧接在 LD/LDN 指令之后用，即对其前面的 LD/LDN 指令所规定的触点并联一个触点，可连续使用。

(3) 如果要串联多个并联电路，必须使用 ALD 指令；如果要并联多个串联电路，

必须使用 OLD 指令。



课堂讨论

利用所学指令，如何实现两个设备之间互锁运行？

(三) 栈装载与 (ALD) 及栈装载或 (OLD) 指令

ALD: 栈装载与指令 (块“与”), 用于将并联电路块进行串联连接。

OLD: 栈装载或指令 (块“或”), 用于将串联电路块进行并联连接。

【例 2-3】根据图 2-9(a) 所示语句表, 写出对应的梯形图, 如图 (b) 所示。

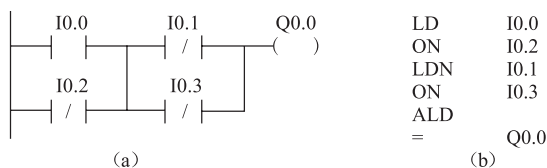


图 2-9 ALD 指令应用举例

【例 2-4】根据图 2-10(a) 所示语句表, 写出对应的梯形图, 如图 (b) 所示。

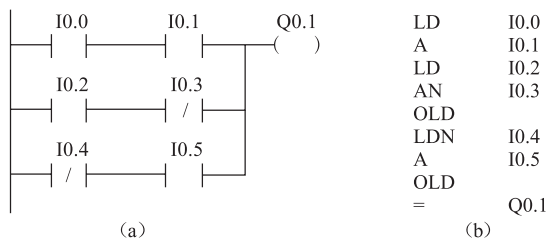


图 2-10 OLD 指令应用举例

【例 2-5】根据图 2-11(a) 所示梯形图, 写出对应的语句表, 如图 (b) 所示。

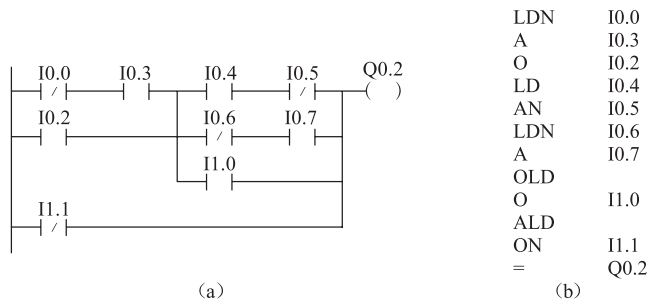


图 2-11 例 2-5 图

ALD、OLD 指令使用说明:

(1) 并联电路块与前面电路串联时, 使用 ALD 指令; 分支的起点用 LD/LDN 指令, 并联结束后使用 ALD 指令与前面电路串联。

(2) 并联多个串联支路时, 其支路的起点以 LD、LDN 开始, 并联结束后用 OLD。

(3) 可以顺次使用 ALD、OLD 对电路块进行串、并联, 数量没有限制。

(四) 置位和复位指令 (S、R)

S: 置位指令, 其功能是使能输入有效后, 将从起始位 Bit 开始的 N 个位置“1”

- chapter 01
- chapter 02
- chapter 03
- chapter 04
- chapter 05
- chapter 06
- appendix

并保持。

R: 复位指令, 其功能是使能输入有效后, 将从起始位 Bit 开始的 N 个位清“0”并保持。S/R 指令格式见表 2-2。

表 2-2 S/R 指令格式

	LAD	STL
置位	$\begin{array}{c} \text{Bit} \\ \text{---(S)} \\ \text{N} \end{array}$	S Bit, N
复位	$\begin{array}{c} \text{Bit} \\ \text{---(R)} \\ \text{N} \end{array}$	R Bit, N

【例 2-6】S/R 指令应用举例。

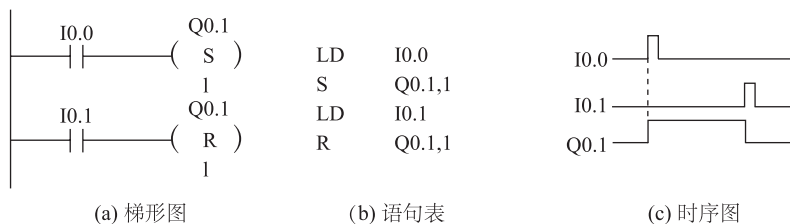


图 2-12 置位 / 复位指令应用举例

小提示

- (1) 置位指令的操作元件为输出继电器、辅助继电器和状态继电器。
- (2) 复位指令的操作元件为输出继电器、辅助继电器、状态继电器、定时器、计数器。它也可将字元件清零。

(五) 逻辑堆栈操作指令

本类指令包括逻辑入栈 LPS、逻辑读栈 LRD、逻辑出栈 LPP, 这些指令都无操作数。

1. 逻辑入栈指令

LPS: 逻辑入栈指令(分支或主控指令), 用于复制栈顶的值并将这个值推入栈顶, 原堆栈中各级栈值依次下压一级。在梯形图中的分支结构中, 用于生成一条新的母线, 左侧为主控逻辑块时, 第一个完整的从逻辑行从此处开始。

2. 逻辑读栈指令

LRD: 逻辑读栈指令, 用于把堆栈中第二级的值复制到栈顶。堆栈没有推入栈或弹出栈操作, 但原栈顶值被新的复制值取代。在梯形图中的分支结构中, 当左侧为主控逻辑块时, 开始第二个和后边更多的从逻辑块。应注意, LPS 后第一个和最后一个从逻辑块不用本指令。

3. 逻辑出栈指令

LPP: 逻辑出栈指令(分支结束或主控复位指令)。堆栈作出栈操作, 将栈顶值弹出, 原堆栈中各级栈值依次上弹一级, 第二级的值成为新的栈顶值。在梯形图中的分支结

构中，用于将 LPS 指令生成的一条新母线进行恢复。LPS、LRD、LPP 指令的操作过程如图 2-13 所示。

小提示

每一条 LPS 指令必须有一条对应的 LPP 指令，中间的支路都用 LRD 指令，处理最后一条支路时必须使用 LPP 指令。

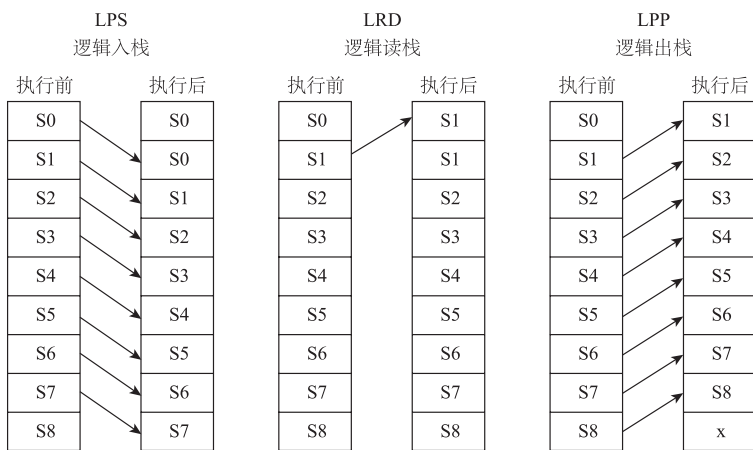


图 2-13 LPS、LRD、LPP 指令的操作过程

【例 2-7】图 2-14 是复杂逻辑指令在实际应用中的一段程序。

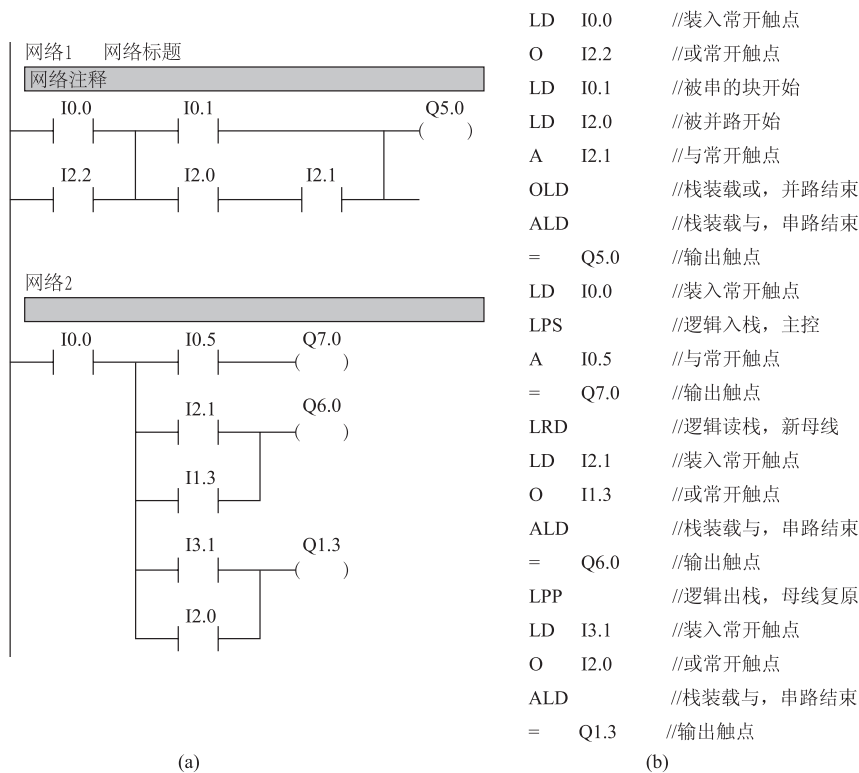


图 2-14 逻辑堆栈指令的应用

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

appendix

逻辑堆栈指令使用说明：

- (1) 逻辑堆栈指令可以嵌套使用，最多为 9 层。
- (2) 为保证程序地址指针不发生错误，入栈指令 LPS 和出栈指令 LPP 必须成对使用。

（六）立即操作指令

立即指令允许对输入点和输出点进行快速和直接存取。当用立即指令读取输入点的状态时，相应的输入映像寄存器的值并未发生更新；用立即指令访问输出点时，访问的同时，相应的输出寄存器的值也被刷新。只有输入继电器 I 和输出继电器 Q 可以使用立即指令。

1. 立即输入指令

在每个标准触点指令的后面加“I”。执行指令时，立即读取物理输入点的值，但是不刷新相应映像寄存器的值。

这类指令包括：LDI、LDNI、AI、ANI、OI 和 ONI。下面以 LDI 指令为例。

指令格式：LDI bit (bit 只能是 I 类型)

例如：LDI I0.2

2. 立即输出指令

=I：立即输出指令。用立即指令访问输出点时，把栈顶值立即复制到指令所指定的物理输出点，同时，相应的输出映像寄存器的内容也被刷新。

指令格式：=I bit (bit 只能是 Q 类型)

例如：=I Q0.2

3. 立即置位指令

SI：立即置位指令。用立即置位指令访问输出点时，从指令所指出的位 (bit) 开始的 N 个 (最多为 128 个) 物理输出点被立即置位，同时，相应的输出映像寄存器的内容也被刷新。

指令格式：SI bit, N

例如：SI Q0.0, 2

4. 立即复位指令

RI：立即复位指令。用立即复位指令访问输出点时，从指令所指出的位 (bit) 开始的 N 个 (最多为 128 个) 物理输出点被立即复位，同时，相应的输出映像寄存器的内容也被刷新。

指令格式：RI bit, N

例如：RI Q0.0, 1

【例 2-8】图 2-15 为立即指令应用中的一段程序，图 2-16 是程序对应的时序图。

时序图中的 Q0.1 和 Q0.2 的跳变与扫描周期的输入扫描时刻不同步，这是由于两者的跳变发生在程序执行阶段，立即输出和立即置位指令执行完成的一刻。

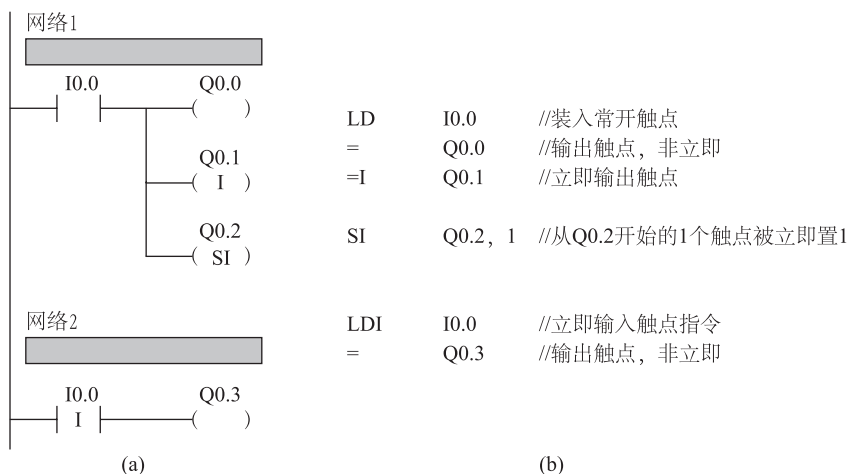


图 2-15 立即指令应用程序

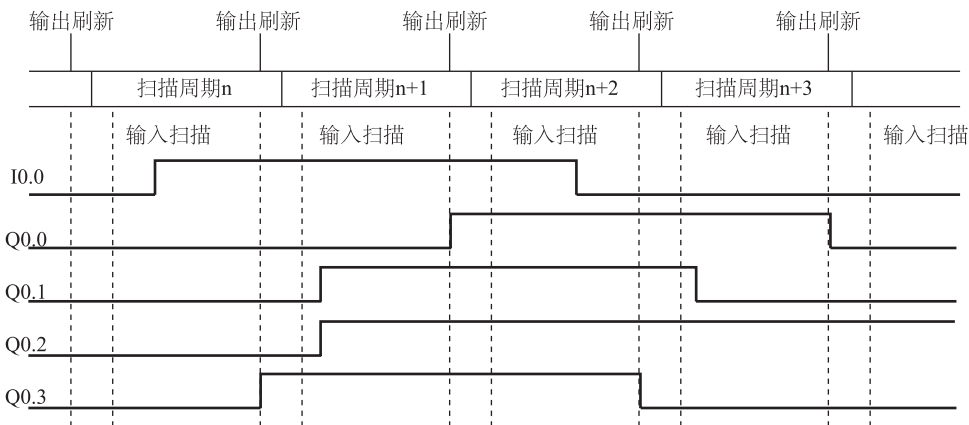


图 2-16 时序图

(七) 取非指令 (NOT)

该指令用于运算结果的取反。它不能直接与母线相连，也不能像 O、ON 等指令一样单独使用，该指令无操作元件。其用法如图 2-20 所示。

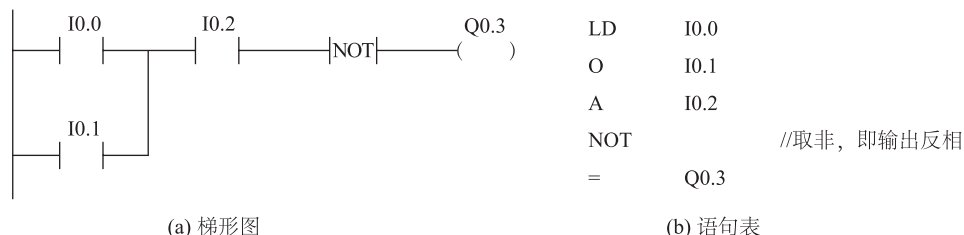


图 2-17 NOT 指令应用举例

(八) 沿检出指令 (EU、ED)

EU: 正跳变指令, 用于检测到脉冲的每一次正跳变(上升沿)后, 产生一个微分脉冲。

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

appendix

常用此脉冲触发内部继电器线圈。

ED：负跳变指令，用于检测到脉冲的每一次负跳变（下降沿）后，产生一个微分脉冲。

沿检出指令编程举例如图 2-18 所示。

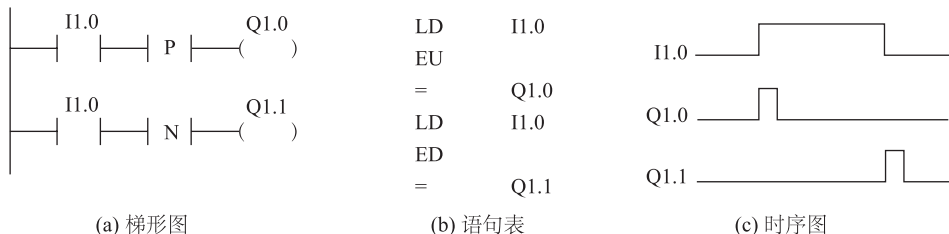


图 2-18 沿检出指令应用举例

小提示

1. EU、ED 指令只在输入信号变化时有效，其输出信号的脉冲宽度为一个扫描周期。
2. 对开机时就为接通状态的输入条件，EU 指令不执行。

（九）空操作指令（NOP）

NOP：空操作指令，主要用于短路电路、改变电路功能及程序调试时使用。在程序中增加一些空操作指令后，对逻辑运算结果没有影响，但在以后更改程序时，用其他指令取代空操作指令，可以减少程序号的改变。图 2-19 为 NOP 指令应用举例。根据需要可以增加空操作指令的条数。操作数 N 是标号，是一个 0 ~ 225 的常数。本例中 N=30。

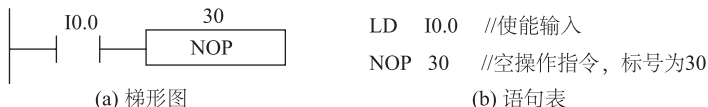


图 2-19 NOP 指令应用举例

三、PLC 应用系统设计

（一）应用设计的概述

设计一个控制系统，首先要考虑的是能否满足被控对象的工艺要求，最大限度地提高生产效率和产品质量。因此，设计可编程控制系统时应遵循以下原则：

- （1）充分发挥 PLC 功能，最大限度地满足被控对象的控制要求；
- （2）在满足控制要求的前提下，力求使控制系统简单、经济、使用和维护方便；
- （3）保证控制系统的长期安全、稳定运行；
- （4）适应发展的需要，在选择 PLC 的型号、I/O 点数和存储器容量等内容时，应留有适当的余量，以利于系统的调整和扩容。

（二）系统设计的一般步骤

设计一个合理的 PLC 控制系统时，要综合考虑许多因素，但不管其复杂程度如何，

一般都要按图 2-20 所示的流程进行设计，具体步骤如下。

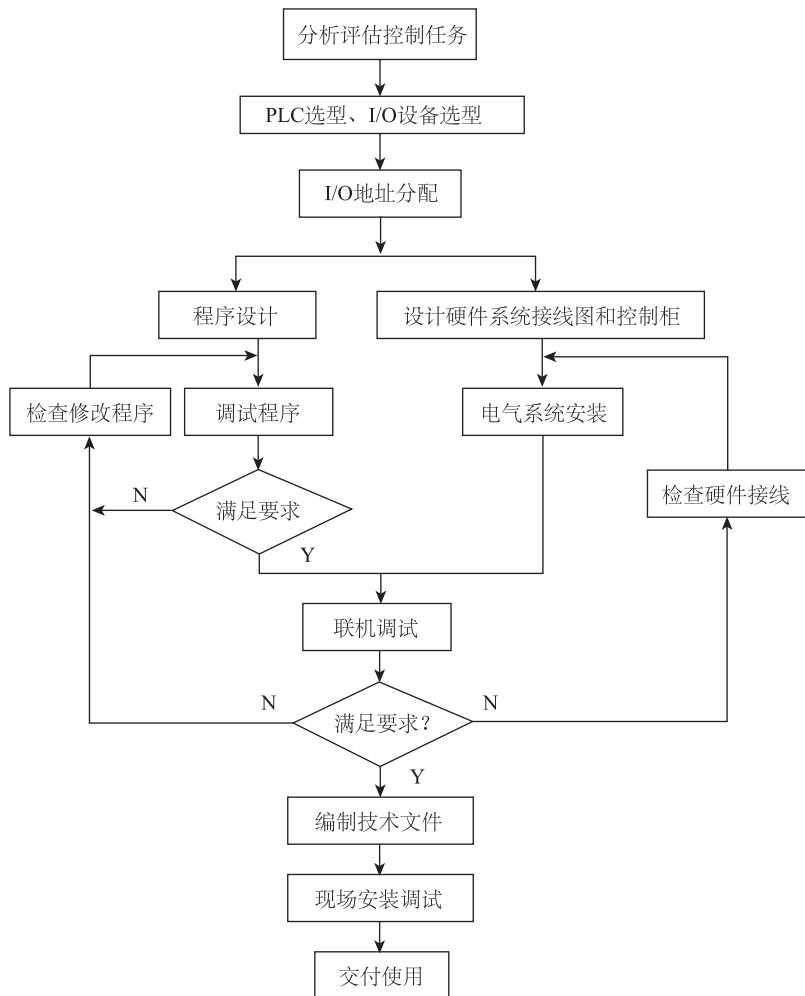


图 2-20 PLC 控制系统设计开发步骤

1. 熟悉被控对象，确定控制方案

接到一个控制任务后，首先要详细分析被控对象，了解控制过程与要求。在熟悉工艺流程后，列写出控制系统的所有功能和指标要求，考虑用什么控制设备（PLC、单片机、DCS 或 IPC）来完成该任务最合适。例如，对于工业环境较差，而对安全性、可靠性要求较高，系统工艺复杂，输入/输出以开关量为主的工业自控系统或装置，用可编程控制器进行控制是一个很好的选择。控制对象及控制装置（选定为 PLC）确定后，还要进一步确定 PLC 的控制范围。其实，现在的可编程控制器不仅可以处理开关量，而且对模拟量的处理能力也很强。所以在用人工进行控制工作量大、操作复杂、容易出错的或者操作过于频繁、人工操作不容易满足工艺要求的情况下，往往由 PLC 控制来实现。另外，为了保证控制系统的安全性，在实现自动控制的基础上，还要加上手动控制功能，即系统具有自动/手动转换功能。

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

appendix

2. 根据控制任务的要求，选择 PLC 类型

在一个控制任务决定由 PLC 来完成，接下来就是 PLC 的选型问题。选型时要考虑两方面的因素：一是选择 PLC 的容量，二是选择哪个公司的 PLC 产品及外设。

对于第一个问题，首先应该考虑产品的价格与系统的冗余设计。因为 PLC 的 I/O 点的平均价格比较高，所以应该合理选用 PLC 的 I/O 点的数量，在满足控制要求的前提下力争使用的 I/O 点最少，但必须留有一定的冗余，通常是 I/O 点数再加上 10%~15% 的裕量来确定。其次是系统存储容量的选择，这就要对控制任务进行详细的分析，要把所有的 I/O 点都找出来，包括开关量 I/O 和模拟量 I/O，然后对用户所需存储器容量进行估算。用户程序所需内存容量受到 PLC 系统自身功能及功能的实现方法、开关量和模拟量的输入 / 输出点数、用户编程水平等几个主要因素的影响。

可编程控制器开关量输入 / 输出总点数是计算所需内存容量的重要根据。其经验公式如下：

$$\text{所需内存字数} = \text{开关量（输入 + 输出）总点数} \times 10$$

对于具有模拟量控制的 PLC 系统，由于要用到数字传送和运算等功能指令，而这些功能指令的内存利用率较低，因此所占的内存数较多。在只有模拟量输入的系统，一般要对模拟量进行读入、数字滤波、传送和比较运算。在模拟量输入和输出同时存在的情况下，运算较为复杂，内存需要量更大。其经验公式为：

$$\text{只有模拟量输入时：所需内存字数} = \text{模拟量点数} \times 100$$

$$\text{模拟量输入输出同时存在：所需内存字数} = \text{模拟量点数} \times 200$$

这些经验公式的算法是在 10 个模拟量左右，当点数小于 10 时，内存字数要适当加大，点数多时，可适当减少。

对于同样的系统，不同用户编写的程序可能会使程序长短和执行时间差距很大，一般来说，对初学者应为内存多留一些余量，用户程序所需的存储容量大小不仅与 PLC 系统的功能有关，而且还与功能实现的方法、程序编写水平有关。一个有经验的程序员和一个初学者，在完成同一复杂功能时，其程序量可能相差 25% 之多，所以对于初学者应该在存储容量估算时多留裕量，而对于有经验的编程者则可少留一些余量。其经验计算公式： $\text{存储容量（字节）} = \text{开关量 I/O 点数} \times 10 + \text{模拟量 I/O 通道数} \times 100$ ，然后按计算存储器字数的 25% 考虑余量。

PLC 常用的内存有 EPROM、E²PROM 和带锂电池供电的 RAM。一般微型和小型 PLC 的存储容量是固定的，介于 1~2KB 之间。用户应用程序占用多少内存与许多因素有关，如 I/O 点数、控制要求、运算处理量、程序结构等。因此在程序设计之前只能粗略地估算。根据经验，每个 I/O 点及有关功能元件占用的内存大致如下：

开关量输入元件：10 ~ 20B/ 点；

开关量输出元件：5 ~ 10B/ 点；

定时器 / 计数器：2B/ 个；

模拟量：100 ~ 150B/ 点；

通信接口：一个接口一般需要 300B 以上。

根据上面算出的总字节数再考虑 25% 左右的备用量，就可估算出用户程序所需的内存容量，从而选择合适的 PLC 内存。

对第二个问题, 则有以下几个方面要考虑:

(1) 功能方面 所有 PLC 一般都具有常规的控制功能, 对于开关量控制的工程项目, 对其控制速度无须考虑时, 一般的低档机型就可以满足。对于以开关量为主, 带少量模拟量控制的工程项目, 可选用带 A/D、D/A 转换, 加减运算和数据传送功能的低档机型。而对于控制比较复杂, 控制功能要求高的工程项目, 可视控制规模及其复杂程度, 选用中档或高档机。但对某些特殊要求的工程项目, 就要知道所选用的 PLC 是否有能力完成控制任务。这就要求用户对市场上流行的 PLC 品种有一个详细的了解, 以做出正确的选择。

(2) 价格方面 不同厂家的 PLC 产品价格相差很大, 有些功能类似、质量相当、I/O 点数相当的 PLC 的价格相差 40% 以上。在选择 PLC 时, 一定要把性价比作为一个重要的因素来考虑。

(3) 输入、输出模块 首先要考虑输出模块的类型, 根据被控对象的要求, 相应选择继电器型或者晶体管型模块。其次要考虑 I/O 的性质, I/O 点的性质主要指它们是直流信号还是交流信号, 它们的电源电压, 以及输出是用继电器型还是晶体管或是可控硅型。控制系统输出点的类型非常关键, 如果它们之中既有交流 220V 的接触器、电磁阀, 又有直流 24V 的指示灯, 则最后选用的 PLC 的输出点数有可能大于实际点数。因为 PLC 的输出点一般是几个一组共用一个公共端, 这一组输出只能有一种电源的种类和等级。所以一旦它们是交流 220V 的负载使用, 则直流 24V 的负载只能使用其他组的输出端了。这样有可能造成输出点数的浪费, 增加成本。所以要尽可能选择相同等级和种类的负载, 如使用交流 220V 的指示灯等。一般情况下, 继电器输出的 PLC 使用最多, 但对于要求高速输出的情况, 如运动控制时的高速脉冲输出, 就要使用无触点的晶体管输出的 PLC 了。

(4) 售后服务 有些 PLC 生产厂家把产品卖出去后, 很难提供相关的技术支持, 至于系统改造、升级等就更难以实现了。所以, 应优先考虑使用售后服务好的 PLC 生产厂家。

3. PLC 的 I/O 地址分配

进行 PLC 控制系统设计时, 一个很重要的步骤就是对输入 / 输出信号在 PLC 接线端子上的地址进行分配。对软件设计, I/O 地址分配以后才可进行编程; 对控制柜及 PLC 的外围接线等相关硬件, 只有 I/O 地址确定以后, 才可以绘制电气接线图、装配图, 让装配人员根据线路图和安装图安装控制柜。需要注意的是, 在分配输出点地址时, 要弄清楚所带负载的类型。另外, 在进行 I/O 地址分配时, 要列出输入 / 输出设备与 PLC 输入 / 输出端子的对照表, 最好把 I/O 点的名称、代码和地址以表格的形式也列写出来。

(三) 系统硬件和软件设计

系统硬件设计的主要内容包括电气控制系统原理图的设计, 电气控制元器件的选择和抗干扰措施的设计等。电气控制系统原理图包括主电路和控制电路, 控制电路中包括 PLC 的 I/O 接线和自动部分、手动部分的详细连接等, 有时还要在电气原理图中标上器件代号或另外配上安装图、端子接线图等, 以方便控制柜的安装。电气元器件的选择主要是根据控制要求选择按钮、开关、传感器、保护电器、接触器、指示灯和

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06

appendix

电磁阀等。

系统软件设计主要是指 PLC 控制程序的编写。在程序设计时，首先要做好一些准备工作，比如进行 I/O 地址列表，列写在程序中用到的中间继电器 (M)、定时器 (T)、计数器 (C) 和存储单元 (V) 以及它们的作用等，以便程序的编写。其次，在编程语言的选择上，要考虑以下因素：

(1) 当使用梯形图编程不是很方便时，可用语句表编程。

(2) 经验丰富的人员可用语句表直接编程。

(3) 若是清晰的单顺序、选择顺序或并发顺序控制任务，则可考虑用功能图来设计程序。

(四) 系统调试

系统调试包括模拟调试和联机调试两种方式。

硬件部分的模拟调试可在断开主电路的情况下，主要试一试手动控制部分是否正确。软件部分的模拟调试可借助于模拟开关和 PLC 输出端的输出指示灯进行；调试时，可利用上述外围设备模拟各种现场开关和传感器状态，然后观察 PLC 的输出逻辑是否正确。现在的 PLC 主流产品都可在 PC 机上编程，并可在电脑上直接进行模拟调试。

联机调试时，可把编制好的程序下载到现场的 PLC 中。调试时一定要先将主电路断电，只对控制电路进行联调即可。通过现场联调信号的接入常常还会发现硬件中的问题，有时厂家还要对某些控制功能进行改进。系统调试完成后，接下来要对程序进行固化并交付使用。

(五) 整理技术文件

系统完成后一定要及时整理技术材料并存档，包括设计说明书、电气安装图、电气元件明细表及使用说明书等。否则会给之后的工作增加几倍的工作量，整理技术文件也是工程技术人员良好的习惯之一。



任务实施

任务实施步骤如下。

一、确定控制方案

本控制系统的设计比较简单，既可以采用传统的继电器控制系统进行控制，也可以采用 PLC 进行控制，本设计选用 PLC 单机控制。电动机正反转控制系统流程图如图 2-21 所示。

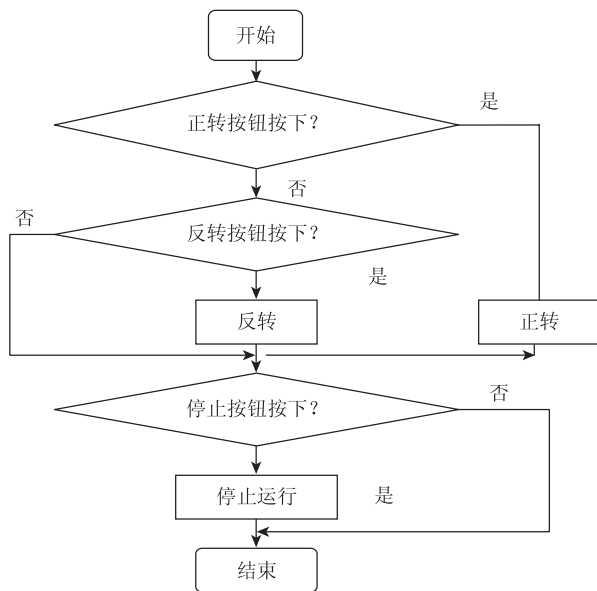


图 2-21 电动机正反转启停控制流程图

二、选择 PLC 类型

在本任务中，电动机正反转控制只需要 3 个输入点作为电动机的启停、正反转控制，2 个数字量输出点控制接触器的线圈，不需要模拟量控制，故一般的 PLC 都能胜任。考虑到可扩展性，控制系统需要的 PLC 最少要有 4 个数字量输入点和 3 个数字量输出点。输入采用 DC 24V，输出采用继电器输出或晶闸管输出。

通过上述分析，PLC 类型可选用 S7-200，CPU 类型选用 CPU222 AC/DC/ 继电器。CPU222 有 4KB 程序存储器，带有 8 个 DC 24V 数字量输入点，6 个继电器数字量输出点，2 个 I/O 扩展模块，以备以后扩展需要。

三、PLC 的 I/O 地址分配

电动机正反转输入 / 输出地址分配见表 2-3。

表 2-3 电动机正反转输入 / 输出地址分配

序号	PLC 地址	电气符号	功能
1	I0.0	SB1	正转启动按钮
2	I0.1	SB2	反转启动按钮
3	I0.2	SB3	停车按钮
4	Q0.0	KM1	正转接触器
5	Q0.1	KM2	反转接触器

四、系统硬件和软件设计

(一) 设计主电路

根据控制要求，电动机正反转控制系统的主电路如图 2-22 所示。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06

appendix

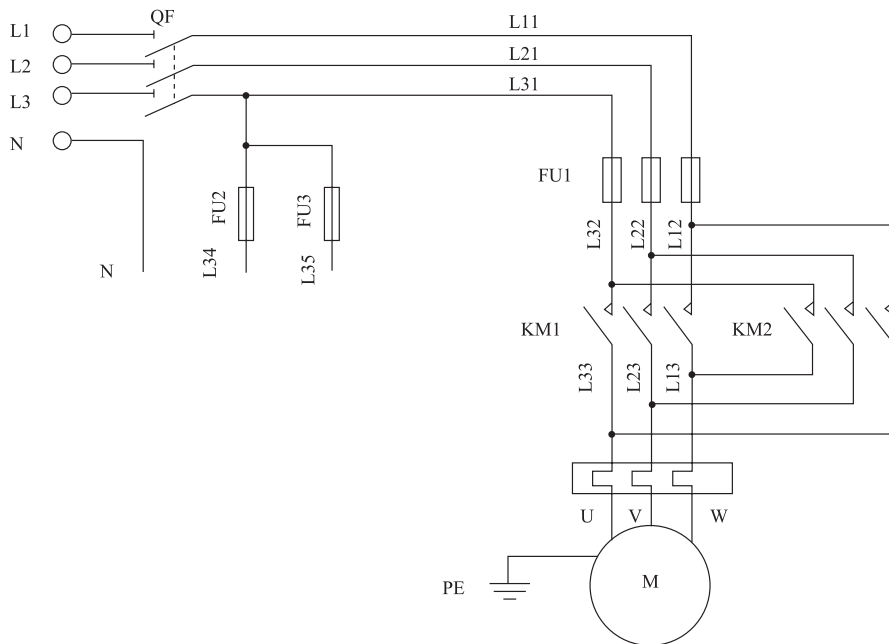


图 2-22 电动机正反转控制系统主电路

(1) QF 为电源开关，既可以分断三相交流电，又可以用于短路保护，使用和维护都很方便。

(2) 熔断器 FU1 可实现对电动机回路的短路保护。FU2、FU3 分别实现对交流控制回路和 PLC 控制回路的短路保护。

(3) KM1、KM2 是控制电动机正、反转的交流接触器。

(4) 热继电器 FR 实现对电动机的过载保护。

(二) PLC 输入 / 输出电路

该任务的控制电路输入 / 输出接线图如图 2-23 所示。

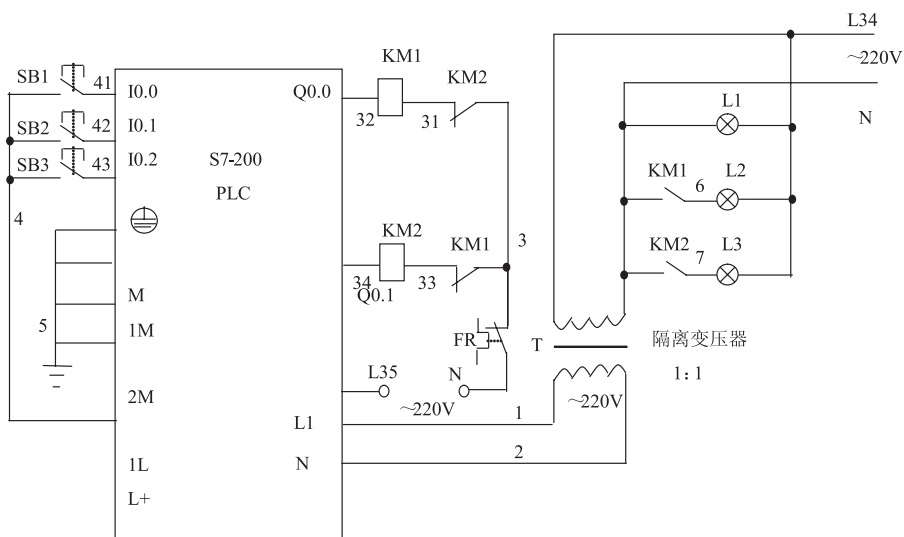


图 2-23 PLC 输入 / 输出接线图

(1) KM1、KM2 接触器的线圈采用了互锁，以防止误操作，增加系统的可靠性。

(2) PLC 输入电路中，电源采用 PLC 本身的 DC 24V 直流电源，所有输入元件一端短接后接入 PLC 电源 DC 24V 的 L+ 端。

(3) PLC 输出采用继电器输出，L35 作为输出回路的电源，为负载供电，所有的 COM 端短接后接入电源 N 端。

(4) L1 为电源指示灯，L2、L3 分别为电动机正、反转指示灯。

(三) 程序设计

根据图 2-21 所示的电动机正反转控制流程图，编写的控制程序如图 2-24 所示。

电动机正反转控制程序比较简单，主要由两个启停电路组成。I0.0 常开触点是电动机正转的启动条件，当按下电动机正转启动按钮 SB1 时，I0.0 常开触点为 1，而 I0.1 和 I0.2 对应的常闭触点闭合，电动机正转输出 Q0.0 得电，使得接触器 KM1 的线圈得电，常开触点闭合，电动机得电正转。Q0.0 的常开触点与 I0.0 的常开触点并联，实现 Q0.0 得电保持，即使 SB1 松开，由于电动机正转 Q0.0 也会保持得电的状态，而不会因为 SB1 的松开而失电。I0.2、I0.3 的常闭触点串联到电路中，构成停止电路，当电动机反转启动按钮 SB2 或停止按钮 SB3 中的任意一个被按下时，电动机正转线圈 Q0.0 就会失电，接触器 KM1 的线圈失电，电动机主电路中的 KM1 主触点断开，从而实现电动机的反转或停机。电动机反转的电路原理和正转一样。

在控制程序中，分别将 I0.0、I0.1 的常闭触点串联到对方的电路中，实现了正反转的互锁，与图 2-24 硬件电路互锁相互配合，加强了控制系统的安全性。

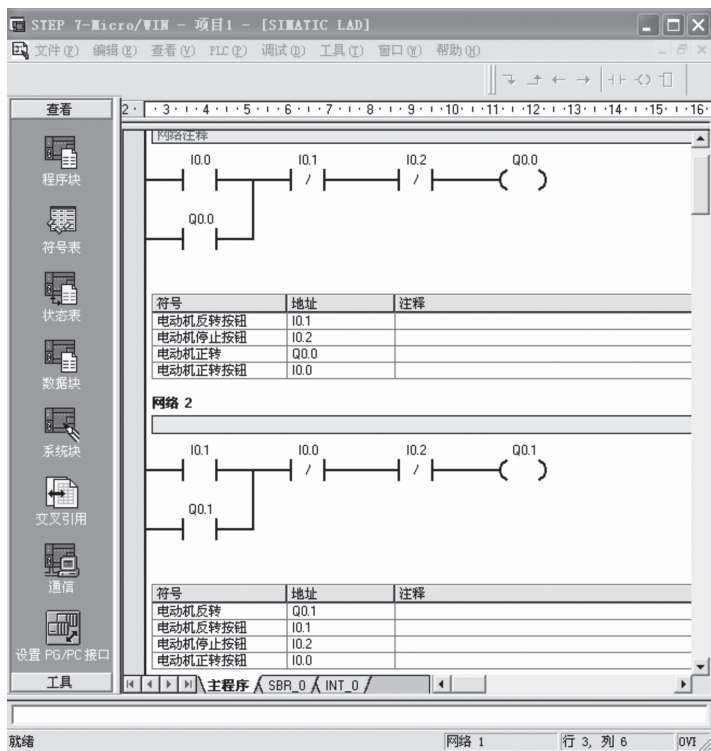


图 2-24 电动机控制系统控制程序

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

appendix

五、系统调试

程序设计完成后，可以进行仿真或模拟调试，以检查程序能否满足控制要求。S7-200 的程序调试有两种：一种是利用仿真软件进行仿真，另一种是利用硬件和小开关等进行模拟。

本任务采用模拟调试的方法对程序进行检查。在 PLC 实验室可以对电动机正反转实现模拟调试，根据图 2-23 PLC 输入 / 输出接线图，对电动机模拟系统进行接线，按钮 SB1、SB2、SB3 分别接在 S7-200 PLC 的输入点 I0.0、I0.1、I0.2 上，作为电动机的正转、反转、停止按钮，LED 指示灯 L2、L3 分别接在 PLC 的输出点 Q0.0、Q0.1 上，作为电动机正转、反转指示灯。结合图 2-21 的电动机正反转控制电路流程图，按下 SB1、SB2、SB3，观察指示灯 L2、L3 是否按照控制要求点亮。实验调试证明，所编程序可以满足控制要求。

六、整理技术文件

系统调试完成后，要整理、编写相关的技术文档，主要包括电气原理图（包括主电路、控制电路和输入 / 输出电路）及设计说明（包括设备选型等），I/O 分配表、电路控制流程图，带注释的原程序和软件设计说明，调试记录，系统使用说明书。最后形成正确的、与系统最终交付使用时相对应的一整套完整的技术文档。



任务评价

序号	检查项目	评价方式（总分 100 分）
1	系统控制流程图的设计是否正确	流程图设计有误扣 10 分
2	PLC 类型的选择是否合理	PLC 选择不合理扣 10 分
3	I/O 地址的分配是否正确	I/O 地址分配不正确记 0 分
4	接线是否正确（输入、输出、电源）	接线不正确记 0 分
5	程序设计是否正确	程序无法调通酌情扣分
6	能否正确的对系统进行调试	不会对系统进行调试扣 20 分
7	是否编写了技术文档	无技术文档扣 5 分

任务二：设计与实现十字路口 交通灯控制系统



任务引入

随着社会经济的发展，城市交通问题越来越引起人们的关注，交通信号灯的出现，使交通得以有效管制。利用 PLC 实现十字路口交通灯管制的控制系统简单、经济，可以有效地疏导交通，提高道路口的通行能力。而每个路口的交通灯都根据该路口的交通状况，由不同的红绿灯亮灭控制，那么用 PLC 如何实现对十字路口交通灯的

控制呢？希望你们能给出详解。



任务分析

利用 PLC 设计十字路口交通灯控制系统，在十字路口南北方向及东西方向均设有红、黄、绿三只信号灯，六只信号灯依一定的“时序”循环往复工作。信号灯受电源总开关控制，接通电源，信号灯系统开始工作；关闭电源，所有的信号灯都熄灭。当程序运行出错，东西与南北方向的绿灯同时点亮时，程序自动关闭。在晚上车辆稀少时，要求交通灯处于下班状态，即两个方向的黄灯一直闪烁。

在信号灯工作期间，东西方向及南北方向的红灯为长亮，时间为 30s，在红灯亮时的最后 2s，东西方向及南北方向的黄灯同时点亮，时间为 2s，东西方向及南北方向的绿灯为长亮 25s，然后闪烁 3s。此控制系统要求设计并实现，形成相应的设计文档。

该任务的控制系统比较容易实现，只需要一般的 PLC 即可。它主要包括控制部分 PLC，以及控制十字路口交通灯的启动和停止的按钮、指示灯等。要完成该任务，首先要对 PLC 进行选型，设计电气原理图，进行相应的文档设计及系统调试。

在完成该任务的控制系统设计之前，先学习 PLC 的相关知识，下面就德国西门子 S7-200 PLC 与本任务相关的理论知识进行详解。



知识准备

一、S7-200 PLC 的定时器指令

（一）定时器指令介绍

定时器由集成电路构成，是 PLC 中的重要硬件编程元件。编程时，需向定时器提前输入时间预设值，在运行时当定时器的输入条件满足时开始计时，当前值从 0 开始按一定的时间单位增加，当定时器的当前值达到预设值时，定时器动作发出中断请求，以便 PLC 响应而作出相应的动作。此时它对应的常开触点闭合，常闭触点断开。利用定时器的输入与输出触点就可以得到控制所需的延时时间。

S7-200 PLC 提供了 3 种定时器指令：TON（通电延时）、TONR（有记忆通电延时）和 TOF（断电延时）。

S7-200 定时器的分辨率（时间增量 / 时间单位 / 分辨率）有 3 个等级：1ms、10ms 和 100ms，分辨率等级和定时器号关系如表 2-4 所示。

表 2-4 分辨率和定时器号

定时器类型	分辨率 /ms	计时范围 /s	定时器号
TON（通电延时定时器） TOF（断电延时定时器）	1	32.767	T32, T96
	10	327.67	T33 ~ T36, T97 ~ T100
	100	3276.7	T37 ~ T63, T101 ~ T255
有记忆的通电延时定时器 (TONR)	1	32.767	T0, T64
	10	327.67	T1 ~ T4, T65 ~ T68
	100	3276.7	T5 ~ T31, T69 ~ T95

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

appendix

小提示

虽然通电延时定时器 (TON) 与断电延时定时器 (TOF) 的编号相同, 但是不能共享相同的定时器号。例如, 在对同一个 PLC 进行编程时, T37 不能既作为通电延时定时器, 又作为断电延时定时器使用。

定时时间的计算:

$$T=PT \cdot S$$

(T 为实际定时时间, PT 为预设值, S 为分辨率等级)

例如: TON 指令用定时器 T39, 预设值为 125, 则实际定时时间为

$$T=125 \times 100=12500\text{ms}=12.5\text{s}$$

定时器指令的操作数有 3 个: 定时器编号 (Txxx)、预设值 (PT) 和使能输入 (IN)。

定时器编号: 用定时器的名称和常数编号 (最大 255) 来表示, 即 Txxx, 如 T50。

预设值 PT: 数据类型为 INT 型, 寻址范围可以是 VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、AIW、T、C、AC、*VD、*AC、*LD 和常数。

使能输入 IN (只对 LAD 和 FBD): BOOL 型, 可以是 I、Q、M、SM、T、C、V、S、L 和能流。

可以用复位指令来对 3 种定时器复位, 复位指令的执行结果是: 使定时器位变为 OFF, 定时器当前值变为 0。



知识链接

定时器的编号包含两方面的变量信息: 定时器位和定时器当前值。

定时器位: 定时器位与时间继电器的输出相似, 当定时器的当前值达到预设值 PT 时, 该位发生变化, 被置为 “1”。

定时器当前值: 存储定时器当前所累计的时间, 它用 16 位符号整数来表示, 故最大计数值为 32767。

1. 通电延时定时器指令 TON

通电延时定时器 TON 用于单一间隔的定时, 当使能输入 IN 接通时, 通电延时定时器开始计时, 当定时器的当前值大于等于预设值 (PT) 时, 该定时器状态位被置位; 当使能输入 IN 断开时, 通电延时定时器复位, 当前值被清除 (即在定时过程中, 启动输入需一直接通)。达到预设值后, 定时器仍继续定时, 达到最大值 32767 时停止。

指令格式: TON Txxx, PT

例如: TON T120, 8

【例 2-9】图 2-25 为通电延时定时器应用举例, 图 2-26 为其时序图。

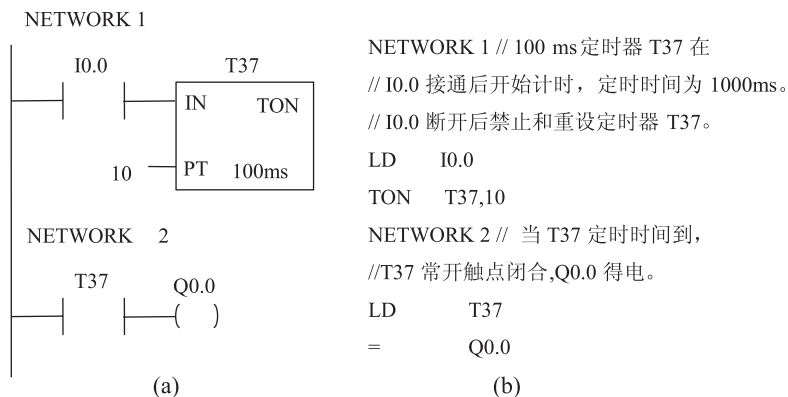


图 2-25 通电延时定时器应用举例

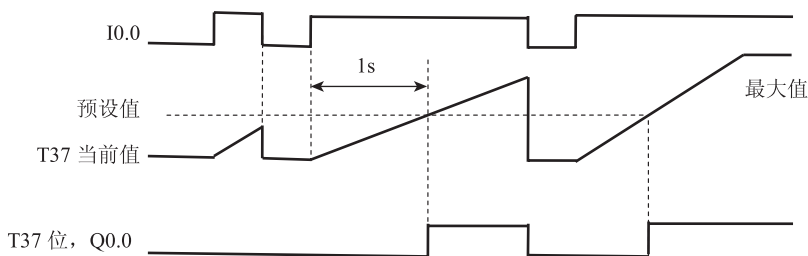


图 2-26 时序图

从时序图中可以看出: 定时器 T37 在 I0.0 接通后开始计时, 当定时器的当前值等于预设值 10 (即延时 $100\text{ms} \times 10 = 1\text{s}$) 时, T37 位置 1 (其常开触点闭合 Q0.0 得电)。此后, 如果 I0.0 仍然接通, 定时器继续计时直到最大值 32767, T37 位保持接通直到 I0.0 断开。任何时刻, 只要 I0.0 断开, T37 就复位: 定时器状态位为 OFF, 当前值 = 0。

2. 有记忆通电延时定时器指令 TONR

有记忆通电延时定时器指令用于对许多间隔的累计定时。在上电周期或首次扫描中, 定时器位为 OFF, 当前值保持不变。使能输入接通时, 定时器位为 OFF, 当前值从 0 开始累计计数时间。使能输入断开时, 定时器位和当前值保持最后状态。使能输入再次接通时, 当前值从上次保持值继续计数, 当累计当前值达到预设值时, 定时器位为 ON, 当前值连续计数到 32767。

TONR 只能用复位指令进行复位操作, 使当前值清零。

指令格式: TONR Txxx, PT

例如: TONR T20, 63

小提示

有记忆通电延时定时器 (TONR) 只能通过复位指令进行复位。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06

appendix

【例 2-10】图 2-27 为有记忆通电延时定时器 TONR 应用举例。图 2-28 为时序图。

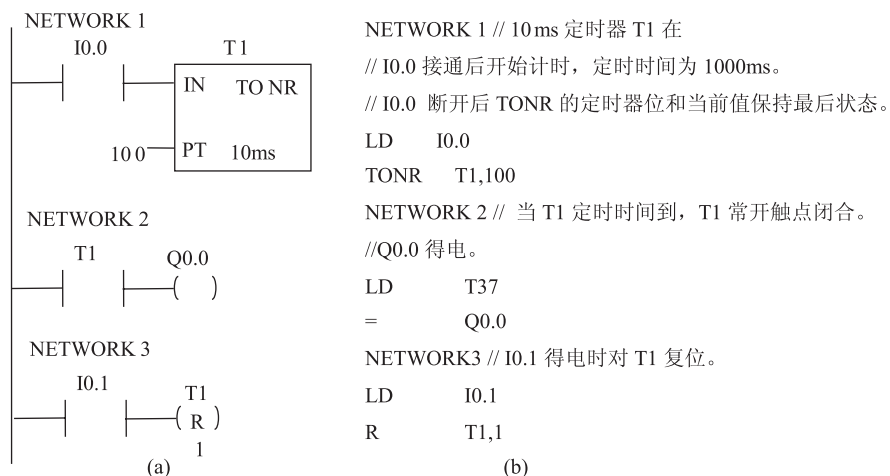


图 2-27 有记忆通电延时定时器 TONR 应用举例

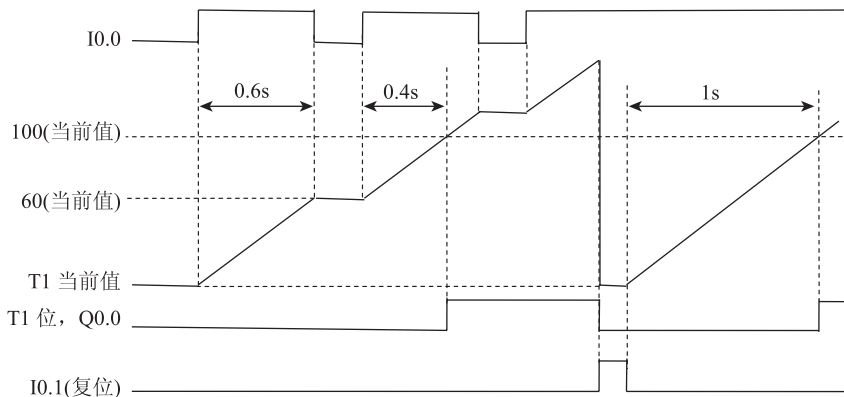


图 2-28 时序图

3. 断电延时定时器指令 TOF

断电延时定时器指令用于断开后的单一间隔定时。在上电周期或首次扫描中, 定时器位为 OFF, 当前值为 0。使能输入接通时, 定时器位为 ON, 当前值为 0。当使能输入由接通到断开时, 定时器开始计数, 当前值达到预设值时, 定时器位为 OFF, 当前值等于预设值, 停止计数。

TOF 复位后, 如果使能输入再有从 ON 到 OFF 的负跳变, 则可实现再次启动。

指令格式: TOF Txxx, PT

例如: TOF T35, 6

小提示

对于断电延时定时器 (TOF), 需要输入端有一个负跳变 (由 on 到 off) 的输入信号启动计时。

【例 2-11】图 2-29 为断电延时定时器 TOF 应用举例。图 2-30 为时序图。

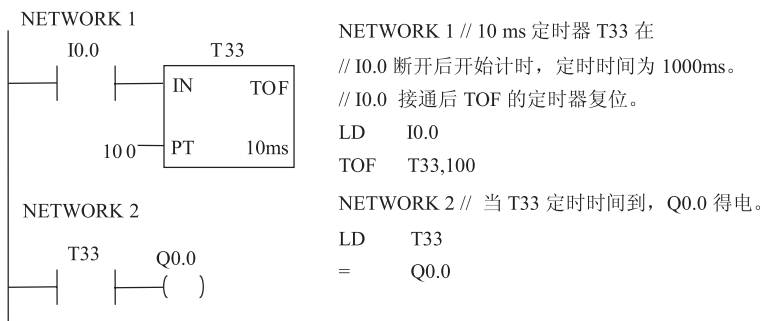


图 2-29 断电通延定时器 TOF 应用举例

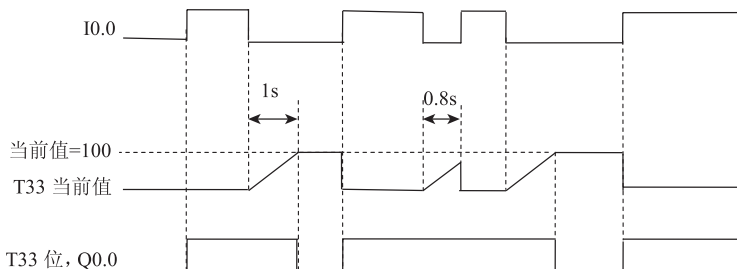


图 2-30 时序图

4. 分辨率对定时器的影响

(1) 1ms 分辨率定时器 1ms 分辨率定时器启动后, 定时器对 1ms 的时间间隔(时基信号)进行计时。定时器的当前值每隔 1ms 刷新一次, 在一个扫描周期中要刷新多次, 而不和扫描周期同步。

1ms 定时器的编程示例如图 2-31 所示。在图(a)中, T32 定时器每隔 1ms 更新一次。若定时器当前值 100 在图示 A 处刷新, Q0.0 可以接通一个扫描周期; 若在其他位置刷新, Q0.0 则永远不会接通。而在 A 处刷新的概率是很小的。若改为图(b), 就可保证当定时器当前值达到设定值时, Q0.0 会接通一个扫描周期。

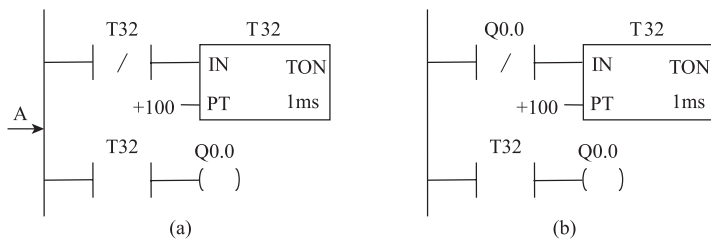


图 2-31 1ms 定时器编程示例

(2) 10ms 分辨率定时器 10ms 分辨率定时器启动后, 定时器对 10ms 的时间间隔进行计时。执行程序时, 在每次扫描周期开始对 10ms 定时器刷新, 在一个扫描周期内定时器当前值保持不变。图 2-31 (a) 同样不适合 10ms 分辨率定时器。

(3) 100ms 分辨率定时器 100ms 分辨率定时器启动后, 定时器对 100ms 的时间间隔进行计时。只有在执行定时器指令时, 100ms 定时器的当前值才被刷新。

在子程序和中断程序中不易使用 100ms 定时器。子程序和中断程序不是在每个扫

- chapter 01
- chapter 02
- chapter 03
- chapter 04
- chapter 05
- chapter 06
- appendix

描周期都被执行的，那么在子程序和中断程序中的 100ms 定时器的当前值就不能及时刷新，造成时基脉冲丢失，致使计时失准；在主程序中，不能重复使用同一个 100ms 的定时器号，否则该定时器指令在一个扫描周期中多次被执行，定时器的当前值在一个扫描周期中多次被刷新。这样，定时器就会多计了时基脉冲，同样造成计时失准。因而，100ms 定时器只能用于每个扫描周期内同一定时器指令执行一次，且仅执行一次的情况。100ms 定时器的编程示例如图 2-32 (a) 所示。

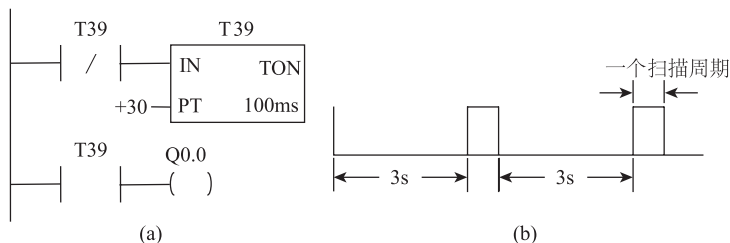


图 2-32 100ms 定时器编程示例

图 2-32 (a) 所示的定时器是一种自复位式的定时器。定时器 T39 的常开触点每隔 $100\text{ms} \times 30 = 3\text{s}$ 就闭合一次，持续一个扫描周期。可以利用这种特性产生脉宽为一个扫描周期的脉冲信号。改变定时器的设定值，就可以改变脉冲信号的频率。T39 常开触点状态的时序图如图 2-32 (b) 所示。

(二) 定时器应用举例

1. 定时器特性

图 2-33 是介绍 3 种定时器的工作特性的程序片断，其中 T35 为通电延时定时器，T2 为有记忆通电延时定时器，T36 为断电延时定时器。本梯形图程序中输入输出执行时序关系如图 2-34 所示。

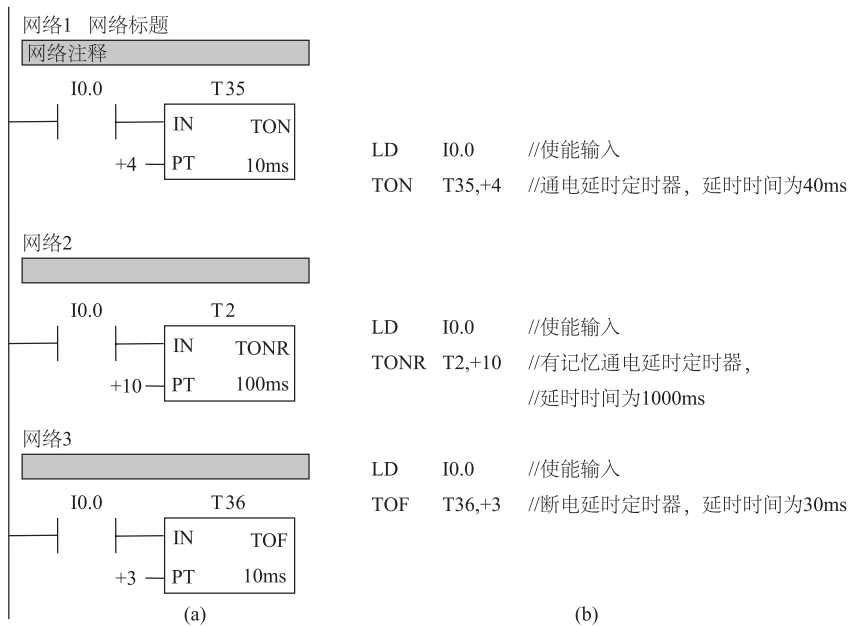


图 2-33 定时器特性