



学 PLC 技术

(S7-200系列)

李长军 曲海波 陈雅华 主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

新手训练营

学 PLC 技术(S7 - 200 系列)

李长军 曲海波 陈雅华 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是“新手训练营”系列丛书之一,采用学生提出问题,老师解答引出知识点的形式,讲述 PLC 基本知识、编程与仿真软件的使用,重点讲解了指令系统以及 PLC 在实际工程中的应用实例。本书的编写注重实用性,突出应用能力的提高,起点低,内容结构完整,条理清晰,语言通俗,趣味性强,图文结合,易学易懂,结构安排符合认知规律。

本书不仅适合电气领域的相关技术人员自学,也适合中专院校、技校及职业院校电气专业的师生使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

学 PLC 技术: S7-200 系列/李长军,曲海波,陈雅华主编. —北京:电子工业出版社, 2014. 5

(新手训练营)

ISBN 978-7-121-22749-3

I. ①学… II. ①李… ②曲… ③陈… III. ①plc 技术 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 059310 号

策划编辑: 富 军

责任编辑: 桑 昀

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市京南印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 880 × 1230 1/32 印张: 12.75 字数: 420 千字

印 次: 2014 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 3 500 册 定价: 39.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

随着科技的迅速发展,生产生活中的电气自动化技术程度越来越高,越来越多的人正在或者将要从事电气技术工作。为了让初学者能跟上新技术发展,迅速掌握电气技术中的基本技能与技术,我们特编写了《学 PLC 技术 (S7-200 系列)》一书。

在本书的编写过程中,主要贯彻了以下编写原则:

(1) 从职业岗位需求入手,精选教材内容。本书以基本技能为基础,深入浅出地介绍了初学者必须掌握的 PLC 技术。

(2) 本书突出以“图”来说明问题。书中通过不同形式的图片和表格,让读者轻松、快速、直观地学习 PLC 技术的有关知识,尽快适应电气工作岗位的需要。

(3) 本书突出以技能为主,以能力为本,淡化理论,强化实用性。书中较好地处理了理论与实践技能的关系,在“理论够用”的基础上,突出应用性和职业性的特点,注重对分析实际问题、解决问题能力的培养。

(4) 本书以“师生情景对话”引出知识点,以“操作演练”为练习的形式,将应用过程中遇到的典型性问题进行重点解决、特别指导,为初学者答疑解惑,使读者在最短的时间内掌握 PLC 应用技术。

本书突出职业技术教育特色,可作为初、中、高等电气技术人员指导用书和中等职业学校、高职院校电类专业参考用书。

本书由李长军、曲海波、陈雅华主编,孙文娟、王国华副主编。参加本书编写的还有薛喜香、郭庆玲、卢旭辰、肖云、李宗金、咸晓燕。

在编写中,由于作者水平有限,书中错误之处在所难免,恳切希望广大读者对本书提出宝贵的意见和建议,以便今后加以修改和完善。

编 者

目 录

第一讲 PLC 介绍	1
一、PLC 的定义	1
二、PLC 的特点	2
三、PLC 的主要技术指标	3
四、PLC 的分类	5
五、常用 PLC 介绍	7
六、PLC 基本结构组成	12
【练一练】 认识西门子 S7-200 系列 PLC	17
第二讲 PLC 的工作原理与编程软元件	25
一、PLC 的工作原理	25
二、S7-200 PLC 的编程软元件	27
三、S7-200 PLC 的存储器的数据类型与寻址方式	30
第三讲 PLC 的常用外部设备与接线	35
一、PLC 的输入设备与接线	35
二、PLC 的输出设备与接线	40
【练一练】 传统继电控制与 PLC 控制比较	44
第四讲 编程语言与程序结构	48
一、编程语言	48
二、程序结构	52
第五讲 STEP7-Micro/WIN V4.0 编程软件安装	53
一、系统安装要求	54
二、软件的安装步骤	54
三、PLC 与计算机的连接	59

第六讲 STEP7 – Micro/WIN V4.0 编程软件主界面	61
一、菜单栏	62
二、工具栏	63
三、浏览条	64
四、指令树	66
五、输出窗口	67
六、状态栏	67
七、程序编辑器	67
八、局部变量表	67
第七讲 STEP7 – Micro/WIN V4.0 编程软件使用	68
一、建立计算机和 PLC 通信联系	68
二、新建一个项目	73
三、编辑符号表	75
四、输入梯形图程序	76
五、运行、监控和调试程序	80
第八讲 S7 – 200 仿真软件使用	84
一、仿真软件简介	84
二、仿真软件界面	85
三、仿真软件使用	86
第九讲 位逻辑指令及编程规则	93
一、触点类指令	94
二、线圈类指令	95
三、梯形图的编程规则	97
【练一练】 位逻辑指令应用——三相异步电动机的连续控制	100
第十讲 定时器/计数器指令	103
一、定时器	103
二、计数器	106
【练一练】 定时器与计数器的应用——报警灯闪烁报警	109

第十一讲 S7-200 系列 PLC 功能指令概述	112
一、功能指令的分类及用途	112
二、功能指令的表示形式及使用要素	113
第十二讲 程序控制指令	116
一、结束指令 (END/MEND)、停止 (STOP)、看门狗复位 (WDR) 指令	116
二、跳转、标号指令	119
三、循环指令 FOR、NEXT	122
四、顺序控制继电器 (SCR) 指令	125
【练一练】 简易交通信号灯控制系统	138
【练一练】 简易洗车控制系统	142
第十三讲 传送指令	146
一、单一传送指令	146
二、字节立即传送 (读和写) 指令	149
三、块传送指令	150
【练一练】 用传送指令控制多盏彩灯的亮灭	151
第十四讲 移位和循环移位指令	154
一、左/右移位指令	154
二、循环左/右移位指令	157
三、寄存器移位指令	161
四、字节交换指令	162
【练一练】 单按钮控制彩灯循环	163
第十五讲 比较指令	166
【练一练】 3 台电动机顺序启动与停止	170
第十六讲 转换指令	173
一、数据类型转换指令	173
二、BCD 码转换指令	175
三、七段码指令	178
四、译码和编码指令	180
【练一练】 四路抢答器的 PLC 控制	181

第十七讲 数字运算指令	185
一、加、减、乘、除指令	185
二、递增/递减指令	190
【练一练】 彩灯的闪烁控制	191
第十八讲 逻辑操作指令	194
一、取反指令 INV	194
二、逻辑与、逻辑或和逻辑异或指令	196
第十九讲 子程序指令和中断指令	199
一、子程序指令	199
二、中断指令	204
第二十讲 高速计数器指令	211
一、高速计数器	211
二、高速计数器指令	220
【练一练】 高速计数器的应用	224
第二十一讲 脉冲输出指令	229
一、高速脉冲发生器	229
二、高速脉冲输出指令 PLS	230
第二十二讲 S7-200 系列 PLC 的扩展模块	237
一、S7-200 CPU 数字量 I/O 扩展模块	237
二、S7-200 主机的模拟量扩展模块	238
三、特殊功能模块	242
四、I/O 点数扩展和编址	243
第二十三讲 模拟量扩展模块的应用	245
一、模拟量输入/输出映像寄存器 (AI/AQ)	245
二、PLC 模拟量扩展模块的应用	246
第二十四讲 通信控制基础知识	255
一、基本概念	255
二、通信方式	257
三、通信参数	258
四、串行通信接口标准	259
五、通信协议	261

第二十五讲 S7-200 系列 PLC 的通信	262
一、S7-200 系列 PLC 的通信网络部件	262
二、S7-200 系列 PLC 的 PPI 通信协议	265
三、S7-200 PLC 网络读/写指令	267
【练一练】 两台 S7-200 PLC 之间的 PPI 通信	271
第二十六讲 PLC 控制系统的总体设计	276
一、PLC 控制系统的规划	276
二、PLC 控制系统的设计流程	277
三、PLC 控制系统的设计步骤	279
第二十七讲 三相异步电动机正反转 PLC 控制	286
一、控制要求	286
二、传统的正反转继电器控制线路	287
三、PLC 控制电动机正反转线路	288
第二十八讲 触摸屏与 PLC 控制电动机正反转	290
一、控制要求	290
二、操作步骤	291
第二十九讲 三相异步电动机 Y-Δ 降压启动 PLC 控制	312
一、控制要求	312
二、传统的继电器控制电动机 Y- Δ 降压启动线路	313
三、PLC 控制三相异步电动机 Y- Δ 降压启动	314
第三十讲 传送带 PLC 控制	316
一、控制要求	316
二、操作步骤	317
第三十一讲 电动机自动延时循环 PLC 控制	320
一、控制要求	320
二、操作步骤	321
第三十二讲 步进电动机的 PLC 控制	323
一、控制要求	323
二、操作步骤	324

第三十三讲 PLC 控制变频器的正反转	328
一、控制要求	328
二、操作步骤	329
第三十四讲 PLC 控制变频器的三段速控制	332
一、控制要求	332
二、操作步骤	333
第三十五讲 触摸屏与 PLC 控制电动机的变频运行	336
一、控制要求	336
二、操作步骤	337
第三十六讲 PLC 与变频器的 RS-485 通信控制	343
一、控制要求	343
二、操作步骤	344
第三十七讲 CA6140 车床的 PLC 控制	351
一、控制要求	351
二、CA6140 车床电气控制线路分析	353
三、PLC 改造 CA6140 车床	354
第三十八讲 X62W 万能铣床的 PLC 控制	358
一、控制要求	358
二、X62W 万能铣床电气控制线路分析	360
三、X62W 万能铣床的 PLC 控制	366
附录 A S7-200 的 SIMATIC 指令集简表	371
附录 B S7-200 的特殊存储器 (SM) 标志位	377
附录 C S7-200 的错误代码	395

第一讲

PLC 介绍



老师，我们都是 PLC 的初学者。原先在工业控制中，大多使用继电器与接触器控制，那么 PLC 控制与其控制到底有什么区别？我们该怎么学习呢？

目前在工业控制中，PLC 控制逐渐取代了继电器与接触器控制，PLC 控制系统以其硬件结构简单、体积小、可靠性高、控制灵活、维护方便等优点而获得了越来越广泛的应用。下面重点介绍一下 PLC 基本知识。



一、PLC 的定义

IEC (International Electrotechnical Commission, 国际电工委员会) 于 1982 年、1985 年和 1987 年先后三次颁布了可编程序控制器的标准草案。1987 年 2 月，IEC 通过了对 PLC 的定义：“可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境应用而设计的。它采用一类

可编程的存储器,用于其内部存储程序,执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数与算术操作等面向用户的指令,并通过数字式或模拟式的输入/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部设备,都按易于与工业控制系统形成一个整体,易于扩充其功能的原则设计。”

该定义强调了可编程序控制器是一种“数字运算操作的电子系统”,即它也是一种计算机。它是“专为在工业环境下应用而设计”的,即它是一种工业计算机。这种工业计算机采用“面向用户的指令”,因此编程方便。它能完成逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作,它还具有“数字式或模拟式的输入/输出”的能力,并且容易与“工业控制系统形成一个整体”,易于“扩充其功能”。

该定义还强调了可编程序控制器直接应用于工业环境,因此它必须具有很强的抗干扰能力、广泛的适应能力和应用范围。这也是区别于一般微机控制系统的一个重要特征。



二、PLC 的特点

1. 可靠性高、抗干扰能力强

PLC 是专门为在工业现场的恶劣条件下使用而设计的,通过硬件和软件两方面的多重措施,使 PLC 能够在具有很强的电磁干扰、机械振动,以及极端温度和湿度的环境下安全工作。

2. 功能完善、通用性强、使用方便

现代 PLC 既能控制开关量,也能控制模拟量;既可以控制一台生产机械、一条生产线,也可以控制一个生产过程。其通信联网的功能,使 PLC 能与上位计算机构成分布式控制系统,以实现全工厂的自动控制。由于 PLC 产品的系列化和模块化,不同的组合,可以构成能满足各种控制要求的控制系统。在被控对象的硬件配置确定以后,可以编写不同的用户程序,方便快捷地改变工艺流程。

3. 编程方法简单、容易掌握

PLC 最基本的编程语言都是采用源于继电器控制线路的梯形图,这种图形化的语言不需要使用者具备专门的计算机编程知识,极易被一般工程技术人员所理解和掌握。通过梯形图入门后,也就容易掌握其他的

编程语言和方法了。

4. 设计容易、安装快捷、维护方便

由于 PLC 产品的系列化、标准化和通用化, 选用 PLC 组成控制系统时, 设计和安装的过程类似于“搭积木”, 由于前期可以使用仿真软件进行调试, 使现场的调试工作变得更加容易。因而, 与其他控制系统的设计、安装和调试相比, 大大缩短了控制系统的组建周期。

在维护方面, 由于 PLC 的故障率很低, 使维护成本大为降低, 加之具备软硬件的监控和显示功能, 即使 PLC 系统发生故障, 也能迅速查明原因, 更换模块而排除故障。

5. 体积小、重量轻、功耗低

PLC 是采用微电子技术制造的, 具备结构紧凑、坚固、体积小、质量轻、功耗低等一系列优点。以西门子小型 S7-200 PLC 为例, 其 CPU224 的外形尺寸为 120.5mm × 80mm × 62mm, 质量为 360g, 功耗为 7W。该 PLC 可以带 7 个扩展模块, 每一个扩展模块的体积都比主机小, 功耗也只有几瓦。因此, PLC 很容易嵌入其他设备内, 是实现机电仪一体化的理想设备。

6. 各公司的 PLC 互不兼容

各公司的 PLC 的软/硬件体系结构是封闭而不是开放的, 如专用总线、专家通信网络及协议, I/O 模板不通用, 甚至连机柜、电源模板也各不相同。编程语言虽多数是梯形图, 但组态、寻址方式、语言结构均不相同, 因此各公司的 PLC 互不兼容。



三、PLC 的主要技术指标

了解 PLC 的技术指标, 有助于在实际应用时, 可根据具体控制工程的要求, 在众多 PLC 中选择合适的 PLC。

1. 输入/输出点数 (I/O 点数)

输入/输出点数是指 PLC 外部的输入、输出端子的个数, 通常用输入点数和输出点数的总和来表示。PLC 的 I/O 点数包括主机集成的 I/O 点数和能扩展的最多点数。主机集成的 I/O 点数往往数量不多, 一般要通过扩展 I/O 模块来增加 I/O 点数。不同型号的 PLC, 其 I/O 点数的扩展能力是不同的, 最大扩展 I/O 点数主要受主机 CPU 的 I/O 寻址能力

的限制。例如, 西门子 PLC S7-200 系列, 对于 CPU221 型主机, 就没有扩展能力, 其 I/O 点数只有主机集成的 10 点 (输入 6 点, 输出 4 点)。对于 CPU224 型主机, 主机集成的 I/O 点数为 24 点 (输入 14 点, 输出 10 点), 能扩展 7 个模块, 可增加的最多数字量 I/O 点数为 144 点 (输入 80 点, 输出 64 点), 因此, 最多数字量 I/O 点数为 168 点。如果要扩展模拟量 I/O 点数, 则能扩展的数字量 I/O 点数自然要减少。

I/O 点数是 PLC 最重要的技术指标之一, 因为在选用 PLC 时, 要根据控制对象的被检测信号输入的个数和控制量输出的个数来确定机型。

2. 存储容量

存储容量是指用户程序存储器的容量, 不包括系统程序存储器。存储容量决定了 PLC 可以容纳的用户程序的长度, 一般以“字节”为单位来计算。1024 字节为 1KB。从微型 PLC 到大型 PLC, 存储容量的范围大约为 1KB ~ 2MB。

3. 扫描速度

扫描速度是指 PLC 执行程序的速度, 是衡量 PLC 性能的重要指标之一。扫描速度有两种表示方法: 一种是用执行 1KB 用户程序所用的时间来衡量扫描速度; 另一种是用执行一条布尔指令所用的时间来衡量扫描速度。例如, 西门子 S7-200 系列 PLC 执行一条布尔指令所用的时间为 0.22 μ s, 这在小型机中属于较快的速度。

4. 编程指令的种类和条数

PLC 的编程指令的种类和条数越多, 说明它的软件功能越强, 即处理能力和控制能力就越强。例如, 西门子 S7-200 系列 PLC 有 16 大类指令, 合计约 160 条指令, 其中包括了 PID 运算指令、高速脉冲输出指令和通信指令等。

5. 扩展能力和功能模块种类

PLC 的扩展能力取决于主机 CPU 的寻址能力和电源容量。要完成复杂的控制功能, 除了主机外, 还需要配接各种功能模块。主机可实现基本控制功能, 一些特殊的专门功能需要配置各种功能模块来实现。因此, 功能模块种类的多少也反映了 PLC 功能的强弱, 是衡量 PLC 产品档次高低的一个重要标志。

不同型号的 PLC 所配置的功能模块的种类是完全不同的, 通常有如下一些类别的功能模块: 模拟量与数字量转换模块、高速计数模块、

位置控制模块、速度控制模块、轴定位模块、温度控制模块、通信模块、高级语言编辑模块等。目前,许多产品已经将模拟量与数字量转换、高速计数等功能集成在主机里了,因此,也就不需要再配置相应的模块。例如,西门子 S7-200 系列 PLC 本身就具有高速计数器和模拟量与数字量的转换功能,它的扩展模块主要有如下 4 种,即数字量 I/O 模块、模拟量 I/O 模块、通信模块和特殊功能模块等。



四、PLC 的分类

PLC 具有多种分类方式,了解这些分类方式有助于 PLC 的选型及应用。

1. 按结构形式分类

PLC 可分为整体式结构和模块式结构两大类。

1) 整体式结构

将电源、CPU、存储器、I/O 接口、通信接口、扩展接口等各个功能集成在一个机壳内,形成一个整体,常称为 PLC 主机、本机或基本单元。其特点是结构紧凑、体积小、价格低,小型 PLC 多采用这种结构,如西门子 S7-200 系列 PLC。整体式 PLC 一般还配有许多扩展模块,如数字量 I/O 模块、模拟量 I/O 模块、通信模块等,常称为 PLC 扩展单元。

2) 模块式结构

将电源模块、CPU 模块、I/O 模块、通信模块、各种智能模块等作为单独的模块,通过总线连接,安装在机架或导轨上。其特点是配置灵活、装配维护方便,一般中、大型 PLC 多采用这种结构,如西门子 S7-300 系列 PLC、S7-400 系列 PLC。有的小型 PLC 也采用这种结构。

2. 按数字量 I/O 点数分类

按数字量 I/O 点数的多少来分,可将 PLC 分成小型、中型和大型 PLC。

1) 小型 PLC

小型 PLC 的数字量 I/O 点数一般在 256 点以内,用户程序存储器容量在 4KB 左右,以开关量控制功能为主,具有体积小、价格低的优点。可用于开关量控制、定时/计数控制、顺序控制,以及少量模拟量控制场合。

2) 中型 PLC

中型 PLC 的数字量 I/O 点数在 256 ~ 1024 点之间, 用户程序存储器容量达到 8KB 左右。功能比较丰富, 除了具有逻辑运算功能, 还增加了模拟量输入/输出 (AI/AO)、算术运算、数据传送、数据通信等功能, 既可完成有开关量又有模拟量的复杂控制, 如闭环过程控制等。

3) 大型 PLC

大型 PLC 的数字量 I/O 点数在 1024 点以上, 用户程序存储器容量达到 16KB 以上。功能更加完善, 具有数据运算、模拟调节、联网通信、监视记录和打印等功能, 用于大规模过程控制、集散式控制和工厂自动化网络。

以上的划分并没有一个十分严格的界限, 随着 PLC 技术的飞速发展, 某些小型 PLC 也具有中型或大型 PLC 的功能, 这是 PLC 的发展趋势。

3. 按功能分类

按功能的强弱, PLC 可分为高档机、中档机、低档机三类。

1) 低档机

低档机具有逻辑运算、定时、计数、移位、自诊断、监控等基本功能, 有的还具备模拟量输入/输出、数据传送、运算、通信等功能。

2) 中档机

中档机除具备上述低档机功能外, 还有数码转换、子程序调用、通信联网功能, 有的还具备中断控制、PID 控制等功能。

3) 高档机

高档机除具备上述低档机和中档机所有功能外, 还有较强的数据处理能力、模拟量调节、函数运算、监控、智能控制等功能, 有更强的通信能力, 可和其他计算机构成分布式生产过程综合控制管理系统。

目前, 一些小型 (甚至微型) PLC 都已经具备了高档机所具备的功能。例如, 西门子 S7-200 系列 PLC 虽然属于小型机的范畴, 但是它具备了中断控制、PID 控制、联网通信等高级功能。近年来有单机支持 300 回路和 65 000 点 I/O 的大型系统对应中型以上的 PLC, 均采用 16 位 ~ 32 位 CPU, 微、小型 PLC 原来采用 8 位 CPU, 现在根据通信等方

面的要求, 有的也改用 16 位~32 位 CPU。

4. 按用途分类

根据用途分为顺序逻辑控制、闭环过程控制、多级分布式和集散控制系统、数字控制和机器人控制。

5. 按流派分类

世界上 PLC 产品可按地域分成三大流派: 美国流派, 欧洲流派, 日本流派。美国和欧洲的 PLC 技术是在相互隔离情况下独立研究开发的, 因此美国和欧洲的 PLC 产品有明显的差异性。而日本的 PLC 技术是由美国引进的, 对美国的 PLC 产品有一定的继承性, 但日本的主推产品定位在小型 PLC 上。因此, 美国和欧洲以大、中型 PLC 而闻名, 日本则以小型 PLC 著称。



五、常用 PLC 介绍

目前, 世界上 PLC 的主要生产厂商有美国的 Allen - Bradley (艾伦 - 布拉德利, 简称 AB) 公司、Modicon (莫迪康) 公司、Texas Instrument (德州仪器, 简称 TI) 公司和 General Electric (通用电气, 简称 GE) 公司, 德国的 Siemens (西门子) 公司, 法国的 Schneider (施耐德) 公司, 日本的 Mitsubishi Electric (三菱电机) 公司、Fuji Electric (富士电机) 公司和 Omron (欧姆龙) 公司等。根据美国 ARC 的调查显示, 西门子公司、AB 公司、施耐德公司、三菱电机公司以及欧姆龙公司是世界 PLC 生产厂商的五强企业, 他们的 PLC 销售额约占全球 PLC 销售总额的 2/3。

1. 美国的 PLC 产品

美国有 100 多家 PLC 生产厂商, 著名的有 AB 公司、GE 公司、莫迪康公司、TI 公司、西屋电气公司等。

如图 1-1 (a) 所示为美国 AB 公司生产的 Micro Logix 1500 PLC, 是一种高级的小型 PLC。如图 1-1 (b) 所示为 AB 公司主推的大、中型可编程序控制器产品 PLC-5 系列。

2. 欧洲的 PLC 产品

德国的西门子公司、AEG 公司, 法国的施耐德公司旗下的 TE (Telemecanique) 公司是欧洲著名的 PLC 生产厂商。