

PLC应用 与编程技术

隋振有 隋凤香 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

PLC应用 与编程技术

隋振有 隋凤香 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn



内 容 提 要

本书系统地介绍了 PLC 的基础知识、硬件结构、软件资源和 PLC 的选型安装、运行调试及维护。从实际应用出发,以 S7—200 为样机,探讨了其软、硬件配置和应用中的一些技术问题。以西门子推出的 STEP7—Micro/WIN32 为例,重点探讨了编程技术、编程技巧,为解决编写 PLC 应用程序提出“结合继电器工作原理展开图编制梯形图”这一有待深入讨论的课题,供读者参考。

本书可供广大电气工程技术人员、工控技术人员、维修电工、高等院校、高职高专相关专业学生选用。

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 应用与编程技术/隋振有,隋凤香编著. —北京:中国电力出版社,2009

ISBN 978 - 7 - 5083 - 8009 - 4

I. P… II. ①隋…②隋… 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 (2008) 第 152694 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 3 月第一版 2009 年 3 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 17.125 印张 452 千字

印数 0001—3000 册 定价 32.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言



英国数学家布尔总结论述了逻辑代数，为研制二值逻辑元器件提供了理论基础和数学模型，为研发数字电子计算机（PC）、可编程序控制器（PLC）奠定了理论和物质基础。

PLC 是具有计算机功能的控制装置。其功能强大，性能优良，完全可以替代继电器控制应用的所有领域。它的问世，使自动控制技术进入了信息化智能控制时代。深入地学习掌握它，是更新技术的需要，是普及应用 PLC 的需要，是适应科学技术发展的需要。

本书从 PLC 的基础知识入手，系统地介绍了 PLC 在硬件结构、软件资源以及选型安装、运行调试等方面技术。结合实际，以 S7—200 为样机，探讨了软硬件配置、编程技术及应用技术，供读者参考。编者深信，本书对 PLC 的应用将起到触类旁通，举一反三的作用。

本书属于高等院校“自动控制”、“机电一体化”等专业的参考书。在编写过程中，得到哈尔滨工业大学、吉林工业大学多位教授的指导，在此表示深深的谢意。

本书面向广大技术工人、工程技术人员、工业控制专业的广大学生和高等职业学校的学生，编者期望本书能对广大读者有所帮助，起到预期的作用。

由于编者水平所限，书中会有不妥，甚至谬误之处，希望读者能坦诚地给予批评和指正，编者表示衷心地感谢。

编者

目 录



前言

第1章 可编程序控制器基础知识	1
1.1 PLC的工作原理和控制过程	2
1.1.1 PLC的工作原理	2
1.1.2 PLC的控制过程	3
1.2 PLC的技术特性及其应用	7
1.2.1 PLC与继电器控制电路相比较	8
1.2.2 PLC与个人计算机(PC)相比较	9
1.2.3 PLC的技术指标	10
1.2.4 PLC系统主要的控制功能	12
1.2.5 PLC的分类	15
1.2.6 PLC的应用简述	16
1.3 PLC的配置	17
1.3.1 系统基本配置	18
1.3.2 扩展功能模块的配置	20
1.3.3 系统冗余配置	23
1.3.4 系统附加配置	24
1.4 PLC的技术术语	24
1.4.1 软件类术语	24
1.4.2 操作控制和硬件类术语	32
第2章 二进制与逻辑代数	36
2.1 数制和数制间的转换	36
2.1.1 数制	36
2.1.2 数制间的相互转换	38
2.1.3 二进制数的四则运算	42

2.1.4	二进制编码简介	45
2.2	二进制编码	48
2.2.1	常用的二—十进制编码	49
2.2.2	标准代码	52
2.3	逻辑代数	59
2.3.1	二值逻辑	59
2.3.2	基本逻辑代数及其运算方法	60
2.3.3	复合逻辑及其运算方法	62
2.3.4	逻辑代数的运算法则	66
2.3.5	逻辑代数的运算定律	67
2.3.6	逻辑代数的运算定理	73
2.4	逻辑函数及其表示方法	74
第3章	PLC 的硬件	77
3.1	PLC 的主机模块	77
3.1.1	中央微处理器 (CPU)	77
3.1.2	存储器	81
3.1.3	PLC 的 I/O 通道	84
3.1.4	电源模块	88
3.1.5	主机输入输出元器件	90
3.1.6	扩展功能模块	98
3.1.7	PLC 的外围硬件设备	99
3.1.8	通信网络元器件	103
3.2	S7—200 PLC 的硬件	109
3.2.1	S7—200 主机 CPU 模块	109
3.2.2	数字量输入/输出模块	129
3.2.3	模拟量输入输出模块	139
3.2.4	EM253 位控模块	143
3.2.5	S7—200 的编程器和电源	147
3.2.6	S7—200 的附加硬件	147
3.2.7	S7—200 主机输入输出的配置	151

3.3 S7—200 的通信网络	153
3.3.1 S7—200CPU 的通信接口	153
3.3.2 S7—200 智能通信模块	154
第4章 PLC 的软件	163
4.1 PLC 的软件资源	163
4.1.1 数据	164
4.1.2 常量、变量和变量表	168
4.1.3 指令	169
4.1.4 程序	172
4.1.5 二进制编码	174
4.1.6 软继电器	174
4.2 其他软件	175
4.2.1 操作系统	175
4.2.2 时序图	177
4.2.3 通信软件	178
4.2.4 错误信息	185
4.3 S7—200 的软件资源	185
4.3.1 S7—200 的存储区中的信息	185
4.3.2 S7—200 特殊标志存储器 (SM)	195
4.3.3 变量存储器 (V) 存放的信息	211
4.3.4 S7—200 的特殊功能软件	219
4.3.5 S7—200 运行信息	226
4.3.6 变频器控制软件	246
第5章 PLC 的指令系统	251
5.1 S7—200 指令系统	251
5.1.1 位逻辑指令	251
5.1.2 逻辑堆栈指令	259
5.1.3 中断和中断指令	262
5.1.4 通信控制和通信指令	271
5.1.5 比较指令	282

5.1.6	转换指令	286
5.1.7	计数器指令	296
5.1.8	高速计数器 (HSC) 及其指令	298
5.1.9	高速脉冲输出指令	308
5.1.10	定时器及其指令	318
5.1.11	时钟指令	321
5.1.12	逻辑运算指令	323
5.1.13	数学运算指令	327
5.1.14	数学功能指令	337
5.1.15	PID 控制及指令	340
5.1.16	传送指令	342
5.1.17	移位和循环指令	347
5.1.18	程序控制指令	353
5.1.19	表功能指令	359
5.1.20	字符串 (STR) 指令	364
第 6 章	PLC 编程软件及其应用	368
6.1	S7—200 系列的编程软件	368
6.1.1	STEP7 - Micro/DOS	369
6.1.2	STEP7 - Micro/WIN32 (V3.1)	379
6.2	通信网络	388
6.2.1	设置网络参数时调用软件的过程	388
6.2.2	通信网络的最小配置	397
6.2.3	设置通信网络参数	398
6.3	离线编程和在线编程	399
6.3.1	离线编程	399
6.3.2	在线编程	403
6.4	S7—300/400 和 M7—300/400 的编程软件	415
6.4.1	STEP7 标准软件包	415
6.4.2	基本语言的输入规则	418
6.4.3	STEP7 中的逻辑块	422

6.4.4 不同厂家推出的编程软件之不同	424
第7章 PLC 编程技术	426
7.1 编程语言	426
7.1.1 梯形图 (LAD)	426
7.1.2 功能块图 (FBD)	429
7.1.3 语句表 (STL)	429
7.1.4 顺序功能图 (SFC)	430
7.1.5 高级语言	434
7.2 编程	434
7.2.1 编程须知	434
7.2.2 编程方法	441
7.3 编程技巧	447
7.3.1 经验性的编程技巧	447
7.3.2 结合展开图编制梯形图	454
7.3.3 掌握特殊设置和学习成功的程序	470
7.4 S7—200 的应用程序	471
7.4.1 定时器程序	471
7.4.2 计数器应用程序	473
7.4.3 中断程序	475
7.4.4 子程序	479
7.4.5 顺序控制程序	479
7.4.6 高速计数器 (HSC) 程序	483
7.4.7 高速脉冲输出程序	483
7.4.8 PID (比例、积分、微分) 控制程序	488
7.4.9 S7—200 通信程序	500
第8章 PLC 的选用	505
8.1 PLC 的选型、安装与调试	505
8.1.1 选用 PLC 时应遵守的技术规范	505
8.1.2 PLC 的选型	507
8.1.3 PLC 的安装	509

8.1.4 S7—200 的安装工艺	513
8.1.5 通信网络元器件的安装	516
8.1.6 PLC 系统的调试	518
8.2 PLC 系统的运行	520
8.2.1 检查缺省的运行参数	520
8.2.2 S7—200 的运行操作	521
8.2.3 S7—200PLC 的运行监视及其测控	524
8.2.4 PLC 运行故障处理及其维护	526
8.2.5 应用 PLC 时应注意的事项	530
附录 S7—200 语句表指令表	532
参考文献	538

第 1 章 可编程序控制器 基础知识

可编程序控制器是以计算机为基础的专用控制装置，自 1966 年，美国通用汽车（GM）公司委托美国数据设备公司（DEC）研制成功第一台可编程序控制器以来，近 50 年，可编程序控制器得到迅速发展。至今，生产厂商已有 200 多家，400 余种规格的产品。在美国、日本、德国等发达国家所生产的可编程序控制器，质量优良，功能强大，专用性突出，各有特长，被应用在电力生产、电力拖动、机床控制、石油化工、交通运输、汽车制造工业等领域的控制技术中。

1987 年，国际电工委员会（IEC）颁布的《可编程序控制器标准草案》第三版中，对可编程序控制器给出如下定义：

可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为工业环境下应用设计。它采用可编程的存储器，存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作指令，并通过数字式、模拟式输入输出，控制各类机械和生产过程。可编程序控制器和它的有关设备，应按易于和工业控制系统联成一体，并易于扩充功能的设计原则。

1980 年美国电气制造商协会（NEMA）给它起了个名字：“Programable Controller”，简称 PC。由于我国已经把个人计算机称为 PC，为了避免学术名词的混淆，则把可编程序控制器称为：Prgramble Logic Controller，简称“PLC”。

可编程序控制器（PLC）的产品达几百种。在机型上，有微型 PLC、小型 PLC、中型 PLC 和大型 PLC。机型不同，功能不同。随着机型的增大，功能也不断增强。对于同一种机型，比如

都为小型机，却因生产厂家不同，设计理念不同，在功能上存在一定的差异。但是，它们的基本结构、工作原理和基本功能是相同的。只要能熟练地应用一种型号的 PLC，对其他型号的 PLC 也就能基本理解，做到触类旁通，举一反三。

除微型 PLC 是一块高度集成的电路板，小型乃至中型以上的 PLC 都已模块化，则以主机模块为基本的控制系统，然后，再根据功能的需要，配置扩展功能模块。

1.1 PLC 的工作原理和控制过程

1.1.1 PLC 的工作原理

从逻辑电路角度看，PLC 是由存储器及其中的信息构成的定时器、计数器、中间继电器、输入寄存器、输出寄存器等器件组成的。这些器件有许多常开接点、常闭接点和线圈，通过程序语言编程，使它们成为功能各异的继电器，并将它们连接成内部逻辑控制电路。

从控制信息来看，PLC 是一种数字电子操作系统，它更是一种数字化的信息装置。数字化的信息装置，要将受控器件受控后的状态信息，如接点的接通或断开，线圈的得电或失电，以及由程序决定的它们应受到的逻辑控制信息，予以输入和存储，调用和处理，以及暂存和输出。即按逻辑控制要求，在执行程序中，用“1”和“0”构成的编码控制内部的逻辑电路，实现控制目的。

在 PLC 系统中，无论是系统程序，还是用户程序，都是按控制的需要，以一定的顺序存放在程序存储器中，PLC 以循环扫描的方式，从第 1 条指令开始，顺序执行程序，直到遇到程序结束指令，才又返回第 1 条指令。如此周而复始，不断地循环。

因此，PLC 工作是在硬件支持下，在软件的控制下，以循环扫描的方式，采集信号，集中输入，经映像存储，逻辑处理，对应暂存，集中输出，执行控制任务。

进一步来讲，PLC 系统在内部时钟和控制器共同发出的控

制信号控制下，以严格的时序执行程序中的每一条指令，以及组成指令的每一个信号；当发生系统规定的中断事件时，相关部件向 CPU 发出中断请求，在 CPU 的统一控制下，进行中断排队，在每一个扫描周期末尾的某一时刻，按照中断优先级，有顺序地集中处理中断。在每一个扫描周期以及中断处理时都要对输入/输出 (I/O) 进行刷新。从而，确保控制数据的正确性。

简言之，PLC 的工作是以循环扫描方式，以数字化的控制信息实现逻辑性很强的通信控制。

1.1.2 PLC 的控制过程

在系统硬件的支持和系统软件的控制下，PLC 按固定的周期时间循环扫描，按用户程序中指令的顺序，一条一条地执行程序中的指令。在每一个扫描周期内，PLC 顺次地执行自诊断，初始化，执行用户程序，通信服务等任务。

1. 自诊断

自诊断就是给自己看病。PLC 启动后，CPU 调用开机处理程序、监视程序等，进行系统的自诊断控制。

PLC 启动后，监视程序就从首地址 (0000H) 开始，逐区逐单元逐位地进行监测。同时，调用开机处理程序和内部管理程序，监视电源、I/O 通道、存储器、总线等硬件的状态，诊断软件是否存在语法错误、逻辑错误。具体方法和步骤如下：

监测调整工作电压。首先，禁止工作电压故障引起的中断和关闭内部锂电池。调用电压调整子程序，反复测试工作电压，进行电压调整，使电源电压符合系统需要。由于禁止中断，一旦电压不正常，不会转入中断服务子程序。而是反复执行电压测试程序段，进行电压调整，直到电压完全正常。接着，关闭输出继电器，对工作寄存器赋值，调用相关子程序，为系统进入正常工作做好准备。

采用求和校验方法，对 RAM、I/O 总线进行检查。

所谓求和校验是把程序存储器的内容求和与编程结束求和相比较，如两者结果一致，说明 RAM 中存放的程序是正确的。两

种求和校验的方法是：

编程检查时，把编程器或计算机的工作方式开关从编程方式改变为监控方式（Program 改为 Monitor），对所编辑的在线常数或任何一个程序的存储区内容进行求和，而在运行时，接通电源后，工作方式开关也要置监控方式，系统对所执行的程序的存储区内容求和。

语法检查 语法检查包括检查输入元器件号码、程序语法是否有逻辑错误。如元器件号码没有定义、指令和元器件号码配置不当等。若程序中语句全部正确，且在运行（RUN）方式下，PLC 就可进入运行管理。若发现语法错误，必须停止运行中相关操作，如“写入”、“插入”等。转入编程或待机编程状态，清除错误信息，写入正确信息。

选择运行方式时，监控程序首先命令运行信号灯亮，然后进入开机处理程序。先输入采样信号，进入语句执行准备程序。取语句、分析语句和执行语句，直到结束指令为止。同时，进行两个运行中的判别。一是判别标志寄存器中的信息，是否允许输出。如允许，调用输出刷新程序。如不允许，调用关闭输出程序，运行处理结束。二是判别是否要关机。如要关机，监控转入停机处理。如不停机，又进入运行管理。在停机处理中，关闭运行指示信号灯，保护内存内容，关闭输出，启用判别工作方式程序，以便响应用户对工作方式的选择。

选择编程工作方式时，监控程序先进行编程准备，进行编程初始化，进行键盘操作准备工作。调用键盘操作入口程序；调用显示程序；调用键盘扫描程序；调用按键译码、分类、处理程序，进行在线编程。编程结束，返回到开机处理程序。

在硬件系统中设置了时间监视器（WDT，又称看门狗）来辅助自诊断。在每次扫描前，WDT 均复位。如果 CPU 出现故障，或用户程序执行时间超时，即超过 WDT 对扫描周期时间的设定值，PLC 就不能进行复位操作，则说明了系统硬件或用户程序发生了故障，使扫描周期超时，WDT 自动发出故障报警信

号, PLC 停止运行。

WDT 监视时间设定值一般为扫描周期时间的 2~3 倍, 约为 100~200ms, 用户可根据实际运行时间予以设定。

2. 初始化

为了确保 PLC 系统能够正常地投入运行, 每次启动后, 除调用监视程序, 进行监控测试、开机处理和内部管理, 还要调用初始化程序。

通过初始化, 恢复系统中各个元器件的原始状态, 适应运行方式的需要。初始化的过程:

输入/输出寄存器清零, 使寄存器中无任何信息, 准备为新的运行方式缓冲暂存。

辅助继电器复位, 恢复系统为默认状态, 准备执行新的控制任务。

定时继电器预置设定值。

特殊标志继电器, 将特殊存储区以 1 位、8 位或 16 位设定的特殊标志继电器按系统默认值进行标志, 以便监视判定系统运行状态。

查询扩展单元, 使其保持入驻时的原始状态。

通过初始化, 为适应新的工作方式和运行用户程序做好准备。

3. 执行用户程序

执行用户程序一般分为三个阶段: 采样输入、程序处理和输入/输出刷新。

(1) 采样输入: PLC 采用循环扫描, 集中输入, 对输入端进行采样。循环扫描就是在执行用户程序过程中, 一次又一次地对输入端周期性的进行反复扫描, 将前一次未采集到的状态信号集中输入, 经滤波处理, 功率放大, 缓冲暂存, 集中输入映像存储器。

PLC 采样方式一般分为实时采样或定时采样。采用何种采样方式由机型决定。

在小型 PLC 系统中，输入点比较少。为了提高输入信号的抗干扰性，采用定时采样，集中输入，对采样信号批处理，将提高信号的质量，防止畸变，缓冲锁存，输入映像。

在大中型 PLC 系统中，输入点比较多，运行周期比较长。为了在某一特定时刻得到程序规定的控制信号，分时地在相关的输入端子处，及时地采集到现场控制信号，则采用实时采样。从而缩短扫描周期时间，提高大中型 PLC 在控制上的实时性。

比如，几个相关信息需要在几个现场，同时采集到，进行逻辑组合时，则要在几个现场的输入端子处实时地采集到相关的信号。

采集到的信号有的是模拟量。对模拟量在用于逻辑运算之前，要进行模拟量/数字量 (A/D) 转换，才能在 PLC 系统运行过程中被采用。

PLC 输入信号过程中，通过光电隔离电路、滤波处理和功率放大对采集输入的信号进行处理。光电隔离能消除现场强电磁干扰。滤波处理能够滤除无用的畸形波，保持脉冲信号的原形。功率放大能把微弱的信号加以放大，增大脉冲幅度，增强驱动能力。

(2) 程序处理：程序处理就是执行用户程序，用程序中的指令调用映像区中的信息对系统的逻辑部件进行组合，进行相关的算术/逻辑运算。并且，在整个处理过程中，对系统运行情况进行监视，对用户程序的执行情况加以监测，把操作运算的中间结果存入相应的存储区，把最终结果存入输出映像区，等待调用。

(3) 输入/输出 (I/O) 刷新：为了保证输入/输出信号的正确性和实时性，在每一扫描周期内要对输入/输出进行刷新。输入刷新就是刷新内存中的输入位，使它存放的信息与外部设备。(如传感器、光电开关) 等的输入状态一致。输出刷新就是使送到外部的设备的输出状态与保存在内存中的输出状态一致。如输出端的继电器、晶体管、晶闸管的状态与内存中的输出状态保持一致。其中，输入刷新是在每一次扫描开始都要对输入端采样，

输入原来的或新的控制信号存入内存。输出刷新是每一个扫描周期末尾对输出进行刷新,从内存将原来或新的控制信号输出给输出端。数字信号在传输给输出电路前须进行 D/A 转换,以使用模拟量控制输出端的设备。

输出电路将输出信号进行光耦合或继电器隔离,经输出继电器、输出端子、输出电源、输出负载元器件和输出公共端构成输出回路,输出脉冲驱动负载,完成刷新和控制负载的任务。

4. 通信服务

通信服务是 PLC 应用于自动控制系统时必备的功能,无论是编程,还是运行用户程序;无论是本地控制,还是远程控制,都需要通信服务。

与编程器交换信息 PLC 与编程器交换信息时,必须把 PLC 转换为编程方式,编程器中的 CPU 为主机,来调度指挥 PLC 中的 CPU,系统把控制权交给编程器。通过编程器编制用户程序、调试用户程序、修改用户程序并把用户程序下载到 PLC 中。

在 PLC 内部交换信息是 PLC 的基本控制功能。在 PLC 切换为运行方式下,执行用户程序。在每个扫描周期中,对用户程序按照逻辑顺序,逐步扫描处理,且反复循环。

与数字处理器(DPU)交换信息。在大中型 PLC 网络中,设主处理器和从处理器。主处理器负责处理字操作指令,控制系统总线,统一管理各种输入/输出单元和接口。从处理器负责处理位操作指令,并与主处理器定时交换信息,协调工作。从而,提高了整个网络处理数据的能力,加快了传输信息的速度。

PLC 与编程器(或计算机等外部设备)进行通信时,都是通过定型的外部接口、通信电缆等网络元器件连接成通信网络进行通信服务。

1.2 PLC 的技术特性及其应用

PLC 是一个数字电子控制系统,因此,PLC 最主要的技术