

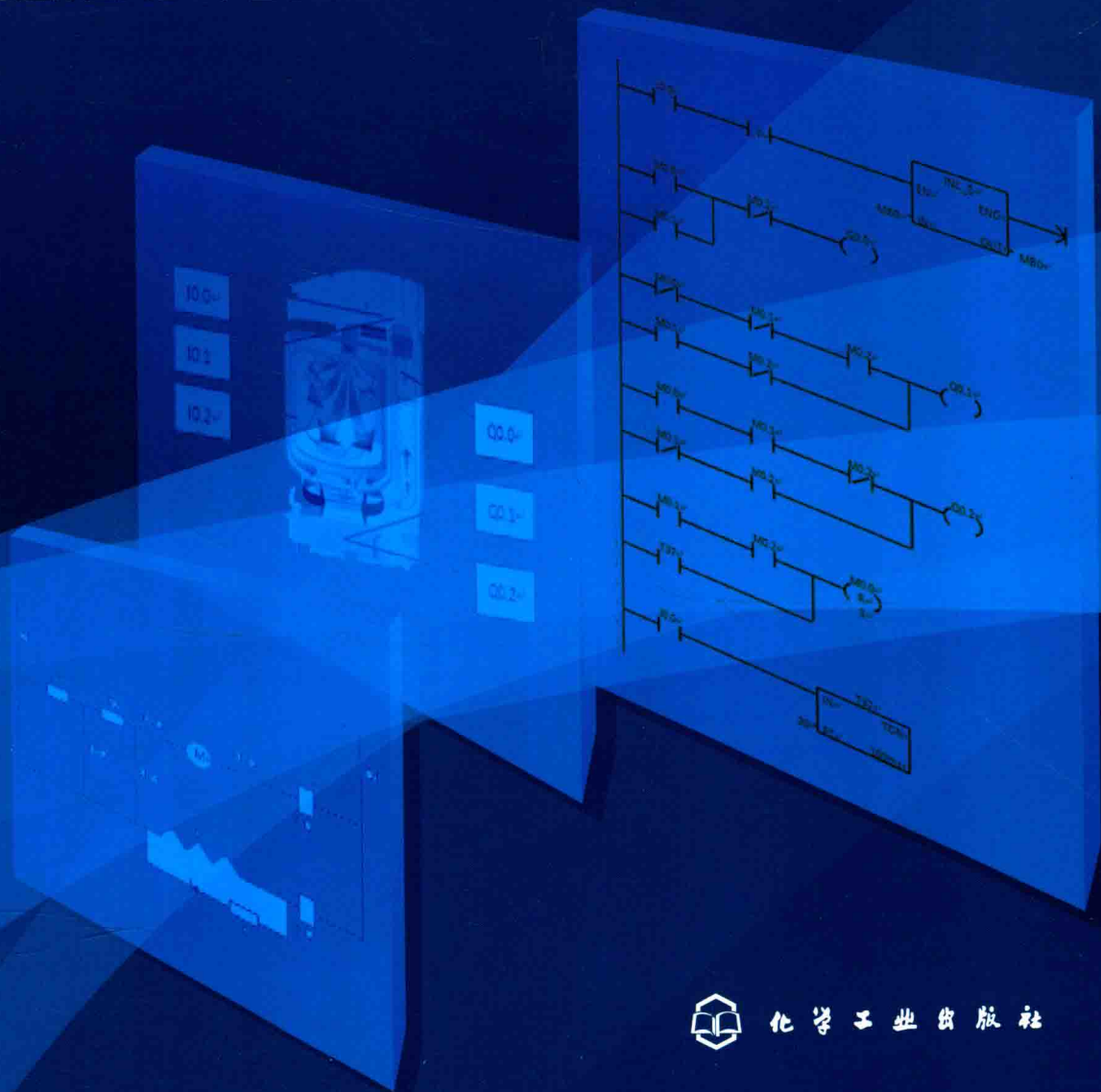
刘振全 王汉芝 杨坤 等编著

西门子PLC编程技术 及应用案例

SIEMENS



SIEMENS PLC BIANCHENG JISHU JI YINGYONG ANLI



化学工业出版社

刘振全 王汉芝 杨坤 等编著

西门子PLC编程技术 及应用案例

SIEMENS



SIEMENS PLC BIANCHENG JISHU JI YINGYONG ANLI



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

西门子 PLC 编程技术及应用案例/刘振全等编著.
北京: 化学工业出版社, 2016.9
ISBN 978-7-122-27241-6

I. ①西… II. ①刘… III. ①PLC 技术-程序设计
IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 124156 号

责任编辑: 宋 辉
责任校对: 王素芹

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 三河市航远印刷有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 19 $\frac{3}{4}$ 字数 526 千字 2016 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 59.00 元

版权所有 违者必究

西门子系列 PLC 具有结构简单、编程方便、性能优越、灵活通用、使用方便、可靠性高、抗干扰能力强等一系列优点，能在一个紧凑的性能范围内为自动化控制提供一个非常有效和经济的解决方案，在工业生产过程自动控制领域得到广泛应用，受到广大工程技术人员的青睐。

本书编写的目的是通过打造一个立体的、全方位的资源系统，提供一个明确的、可操作的学习 PLC 编程技术的新途径，使读者在没有 PLC 硬件的情况下，只需一台计算机（台式机或笔记本）和一本书（含虚拟光盘），就能够循序渐进地去开启 PLC 的编程之路，通过仿真软件运行监控功能可看到本书所有案例的运行结果和读者自编 PLC 程序的运行结果，迅速掌握 PLC 软件的模拟仿真和运行监控功能，提高学习兴趣，并通过配套的 500 多页 PLC 系统手册等电子版资源，使读者（无论是初步学习还是深入研究）都能有一个切实可行的资源基础，满足不同层次人员学习掌握 PLC 技术的需求，另外，还通过大量工业可编程控制实例为读者提供一条快速掌握 PLC 编程方法的学习捷径，达到举一反三的目的。

与众不同的编程方法和编程技巧是本书的核心内容，用实例来展示编程方法和编程技巧是本书的特点，本书共分为 12 章，分别是绪论、基本程序设计范例、程序设计常用指令示例、三相异步电动机控制 PLC 程序设计范例、定时器与计数器 PLC 程序设计范例、抢答器与灯光控制 PLC 程序设计范例、楼宇自动化 PLC 程序设计范例、机床控制 PLC 程序设计范例、送料小车与传送带 PLC 程序设计范例、工业机械控制 PLC 程序设计范例、其他应用 PLC 程序设计范例和 PLC 综合应用设计范例。另外，我们还为读者提供了文中所有编程实例的源程序，你可以直接移植使用，也可以在编程软件上进行修改和仿真测试，以达到深入理解和灵活运用的目的。

为了方便读者自学，我们还为读者提供了 PLC 的基本介绍、工作原理、选型规则、编程算法以及梯形图的基本知识和 V4.0 STEP 7 Micro/WIN SP9 软件的使用说明，内容浅显易懂、便于读者理解。书中还介绍了梯形图编辑常见的错误示例，帮助初学者快速掌握基本编程方法，避免走入误区。笔者还在附录中为读者从众多手册中精选提供了一些 S7-200PLC CPU 规范一览表、CPU 电源规范一览表、西门子 PLC 基本指令一览表、特殊寄存器 (SM) 标志位，读者在阅读、学习和编程时可以作为简明手册快速自行查阅，并结合索引中给出的指令所在章

节进行深入学习和理解，对于某章节中用到的比较特殊的指令，笔者也在该章节的程序说明部分做了着重介绍，篇幅所限，不能一应俱全，如需要更多内容，请参阅虚拟光盘中电子版 PLC 编程技术手册等内容，本书虚拟光盘请到 www.cip.com.cn/资源下载/配书资源 中查找。

本书由刘振全、王汉芝、杨坤、张亚娴、刘会哲、刘琛编著。白瑞祥教授审阅了全稿并提出了许多好的建议和意见，在此表示感谢。

本书既可作为广大工程技术人员学习 PLC 编程技术的专业用书，也可作为 PLC 程序设计人员或机电类、电子信息与自动化类相关专业课程的教学或参考用书。我们衷心希望本书能够帮助大家掌握 PLC 编程技术和编程方法，并通过案例和自编程序的仿真运行监控，达到提高分析和解决实际问题的能力，理解相关理论及程序算法、更好掌握软件编程技巧的目的。

尽管绝大部分实例都经过实际应用并在硬件设备和仿真软件中经过检验，但是难免还会有疏漏和不足之处，望各位读者不吝批评指正。

编著者

学习引导

第1章 绪论

1.1 PLC 概述	/003
1.1.1 PLC 的基本结构	/003
1.1.2 PLC 的工作原理	/004
1.1.3 PLC 的选型规则	/004
1.1.4 PLC 的编程算法	/006
1.2 梯形图基本知识	/007
1.2.1 梯形图逻辑	/007
1.2.2 PLC 的内部装置	/008
1.2.3 梯形图组成图形及说明	/010
1.2.4 梯形图常用术语	/011
1.2.5 PLC 梯形图的编辑与常见的错误图形	/012
1.3 西门子 PLC 编程软件安装及使用说明	/013
1.3.1 STEP 7-Micro/MIN 简介、安装方法	/013
1.3.2 STEP 7 Micro/MIN 使用	/019
1.3.3 S7-200 仿真功能举例	/023

第2章 基本程序设计范例

2.1 启动优先程序	/025
2.1.1 启动优先程序实现方案 1	/025
2.1.2 启动优先程序实现方案 2	/026
2.2 停止优先程序	/027
2.2.1 停止优先程序实现方案 1	/027
2.2.2 停止优先程序实现方案 2	/028
2.3 互锁连锁控制	/029
2.4 自保持与解除程序	/031
2.4.1 自保持与解除回路实现方案 1	/031
2.4.2 自保持与解除回路实现方案 2	/032
2.5 单一开关控制启停	/032

2.6	按钮控制圆盘旋转一圈	/034
2.7	三地控制一盏灯	/035
2.8	信号分频简易程序	/037
2.8.1	控制信号的二分频	/037
2.8.2	控制信号的三分频	/039
2.9	停止操作保护和接触器故障处理程序	/040
2.10	停电系统保护程序	/042
2.11	卷帘门控制	/044
2.12	仓库大门控制程序	/046
2.13	水塔水位监测与报警	/047
2.14	一个按钮控制三组灯	/049
2.15	电动机正反转自动循环程序	/050
2.16	双储液罐单水位控制	/052
2.17	产品批量包装与产量统计	/054
2.18	家用普通洗衣机	/056
2.19	全自动洗衣机	/058

第3章 程序设计常用指令示例

3.1	定时器指令说明	/063
3.2	字节交换指令说明	/065
3.3	浮点数计算指令说明	/066
3.4	逻辑运算(与或非)指令说明	/067
3.4.1	WAND 逻辑与指令	/067
3.4.2	WOR 逻辑或指令	/067
3.4.3	XOR 异或指令	/068
3.4.4	INV 取反指令	/068
3.5	数学运算	/069
3.6	程序控制	/069
3.7	间接寻址	/071
3.8	表功能指令	/072
3.8.1	填表指令	/072
3.8.2	查表指令	/072
3.8.3	表取数功能指令	/074
3.9	段码转换指令	/075
3.10	PID 算法原理及指令介绍	/076
3.10.1	PID 算法介绍	/076
3.10.2	PID 回路指令	/077

第4章 三相异步电动机控制PLC程序设计范例

4.1	三相异步电动机的点动控制	/080
4.2	三相异步电动机的连续控制	/081
4.3	三相异步电动机点动、连续混合控制	/082
4.3.1	一般编程	/082
4.3.2	改进方案 1	/083

4.3.3 改进方案 2	/084
4.4 两地控制的三相异步电动机连续控制	/085
4.5 两地控制的三相异步电动机点动连续混合控制	/086
4.6 三相异步电动机正反转控制	/087
4.7 三相异步电动机顺序启动同时停止控制	/088
4.8 三相异步电动机顺序启动逆序停止控制	/090
4.9 三相异步电动机星-三角降压启动控制	/091
4.10 三相异步电动机时间原则控制的单向能耗制动	/093
4.11 三相异步电动机时间原则控制的可逆运行能耗制动	/094
4.12 三相异步电动机反接制动控制	/096
4.13 三相双速异步电动机的控制	/097
4.14 并励电动机电枢串电阻启动调速控制	/099

第5章 定时器与计数器PLC程序设计范例

5.1 定时器延时开启程序说明	/102
5.2 定时器延时关闭程序说明	/103
5.3 倍数计时	/104
5.4 多个定时器实现长计时	/105
5.5 转盘旋转 90° 间歇运动控制	/106
5.6 圆盘间歇旋转四圈控制	/107
5.7 污水处理系统	/109
5.8 按钮人行道交通灯控制	/111
5.9 打卡计数	/114
5.10 交替输出程序	/115
5.10.1 计数器实现交替输出功能	/115
5.10.2 用上升沿(正跳变)触发指令实现交替输出功能	/116
5.11 一个数据的保持控制	/117
5.12 读卡器(付费计时)	/118
5.13 液体混合计数	/120
5.14 用定时器编写的电动机正反转自动循环控制程序	/122

第6章 抢答器与灯光控制PLC程序设计范例

6.1 权限不同混合竞赛抢答器	/125
6.2 权限相同普通三组抢答器	/127
6.3 权限相同普通三组带数码管显示的抢答器	/130
6.4 单灯周期交替亮灭	/132
6.5 定时与区域置位指令实现多灯交替闪烁	/133
6.6 用循环移位指令实现多灯控制	/135
6.7 定时器实现跑马灯控制	/137
6.8 广告灯控制	/138
6.9 条码图显示控制	/141

第7章 楼宇自动化PLC程序设计范例

7.1 楼宇声控灯系统	/143
-------------	------

7.2	火灾报警控制	/144
7.3	多故障报警控制	/146
7.4	恒压供水的 PLC 控制	/149
7.5	高楼自动消防泵控制系统	/152
7.6	高层建筑排风系统控制	/153
7.7	万年历指令控制系统的启停	/155
7.8	住房防盗系统控制	/158

第8章 机床控制PLC程序设计范例

8.1	机床工作台自动往返控制	/164
8.2	车床滑台往复运动、主轴双向控制	/165
8.3	磨床 PLC 控制	/167
8.4	万能工具铣床 PLC 控制	/168
8.5	滚齿机 PLC 控制	/170
8.6	双头钻床 PLC 控制	/172

第9章 送料小车与传送带PLC程序设计范例

9.1	送料小车的 PLC 控制	/175
9.2	小车五站点呼叫控制	/177
9.3	小车五站点自动循环往返控制	/178
9.4	传送带产品检测与次品分离	/181
9.5	三条传送带控制	/182

第10章 工业机械控制PLC程序设计范例

10.1	切割机控制	/185
10.2	车间换气系统控制	/191
10.3	风机与燃烧机连动控制	/192
10.4	混凝土搅拌机的 PLC 控制	/193
10.5	硫化机 PLC 控制	/195
10.6	原料掺混机	/197
10.7	风机的 PLC 控制	/198
10.8	自动加料控制	/201
10.9	空气压缩机轮换控制	/203
10.10	弯管机的 PLC 控制	/206
10.11	加热反应炉	209
10.12	气囊硫化机	213
10.13	大小球分拣系统	216
10.14	剪板机的控制	221
10.15	电动葫芦升降机	224

第11章 其他应用PLC程序设计范例

11.1	旋转圆盘 180° 正反转控制	229
11.2	选择开关控制三个阀门顺序开启、逆序关闭	230
11.3	物流检测控制	232

11.4	公交简易报站程序	233
11.5	自动售水机	235
11.6	循环程序的应用	236
11.7	模具成型	238
11.8	冰激凌机	240
11.9	智能灌溉	242
11.10	密码锁	247
11.11	交通灯	249
11.12	花样喷泉的 PLC 控制	251
11.13	手/自动控制	254

第12章 PLC综合应用设计范例

12.1	定时闹钟	258
12.2	两个滑台顺序控制	260
12.3	啤酒灌装生产线的 PLC 控制	264
12.4	拔河比赛	266
12.5	饮料自动售货机的 PLC 控制	267
12.6	天塔之光的 PLC 控制	270
12.7	四层电梯控制	274
12.8	PLC 在中央空调控制系统中的应用	282

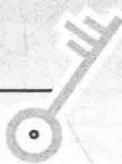
附录

附录 1	CPU 规范一览表	287
附录 2	CPU 电源规范一览表	289
附录 3	西门子 PLC 基本指令一览表	290
附录 4	特殊寄存器(SM) 标志位	296

索引

参考文献

学习引导



在PLC学习过程中您是否遇到以下情况？

1. 就想学习某一特定品牌的 PLC 编程技术，但是由于受到各种条件和因素的制约，获取同一品牌 PLC 的技术资料比较困难。

其实这是完全没有必要的，各种品牌的 PLC 编程技术大同小异，只是在输入输出代码、指令表达形式等有所区别，程序设计的思路是一样的，也是最关键需要领会的。真正学会和掌握一种较为常用 PLC 编程技术后，其他便可触类旁通，关键是从指令到编程到运行监控到各种应用领域和场合，你所设计的程序能否真正达到控制要求。

2. 不知如何下手去学习 PLC 编程技术。

本书推荐立体化综合式指令案例加仿真实战学习法，即基于指令——案例——仿真实战——拓展演练——查阅手册——归纳总结为主要内容的“六个一”循环学习法。

3. 认为 PLC 梯形图编程和继电控制线路就是一对一的对等关系，认为没有任何差异，只要了解了继电控制线路原理就能编写出准确的梯形图并能得到和继电控制一样的运行结果。

大部分情况的确这样，但也有例外，继电控制有时也要利用物理的常开常闭触点动作时间差来达到控制要求，但 PLC 采用的是扫描工作方式，和实际继电控制线路运行结果相比，在某些情况下会有差异，比如三相异步电动机的点动连续混合控制线路就是如此，具体请参照书中案例的几种编程方法。

4. 没有典型的 PLC 案例或案例太少，或者对案例执行结果有疑问无法确认；或者有自己感兴趣的案例但控制要求和自己的应用有差异，不知道自己修改后的程序运行结果，手头没有 PLC 硬件设备，又没有相应的仿真软件。

本书提供 121 个 PLC 案例及电子版源程序，无需 PLC 硬件设备，只要你有一台计算机，安装光盘中 PLC 仿真软件后可逐个对运行结果进行仿真监控，并可以根据你的控制要求修改源程序的相关参数后任意次数进行仿真和监控运行结果，直至达到控制要求为止。

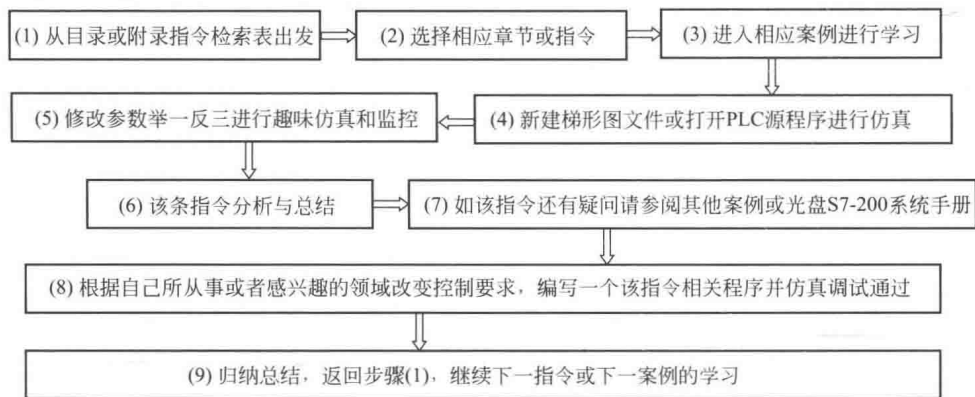
5. 能仿真了又没有典型例子的源程序，不管程序的长短需要自己录入，或者程序中特殊一点的指令又找不到详细的使用方法。

本书所有案例程序均提供 PLC 梯形图电子版源程序（见光盘）；程序中特殊一点的指令大部分在书中给出了介绍，如需要更多内容，可以参见光盘电子版（PDF 格式）材料：S7-200 系统手册。

“六个一”循环学习法。

针对在 PLC 学习过程中经常遇到的问题，基于本书典型案例和光盘内容，按照学一条

指令——读一个案例——做一次仿真——查一次手册——编一个程序——解决一个问题的学习顺序，学习和掌握 PLC 编程技术。学习地图如下：



备注:

所需资源依托：12 章不同应用领域，百余个案例控制要求，图表程序及程序解释等 + 光盘带仿真的 PLC 编程软件 + 121 个 PLC 源程序。仿真的 PLC 编程软件安装使用说明参见第一章 1.3 节内容。

本书附带的光盘内容丰富翔实，主要包括以下内容。

① 本书典型案例的 PLC 源程序 121 个。

② 西门子 S7-200PLC 编程软件一个。

③ 西门子 S7-200PLC 仿真软件一个。

④ S7-200 系统手册（共 596 页）。包含西门子 PLC 所有 300 余条指令的详细解释、使用方法与示例说明。

由于任何一个实例的编程方法都不是唯一的，为了对比不同的编程特点，在有些案例中给出了几种不同的编程方法，以帮助读者比较不同指令的编程特点。本书编程案例具有较强的工程实践背景和一定的代表性，力求典型新颖独特，编程方法不拘一格，程序设计简明扼要，力求结合实际、突出应用。所有实例都是经过反复推敲、多次修改而精挑细选出来的。所有实例都经过西门子 S7-200PLC 硬件调试。篇幅所限，案例的程序说明和解释各有侧重，有的程序解释详细到每一个接点的导通和闭合状态，以便于初学者理解，有的则简明扼要突出重点内容，便于循序渐进地理解和掌握 PLC 编程技术，也适用于有一定基础的专业技术人员和工程师直接借鉴或参考所需。

1.1 PLC 概述

PLC (programmable logic controller), 意为可编程逻辑控制器, 也可称为 PC (programmable controller), 意为可编程控制器。它是以微处理器为基础, 综合了计算机技术、半导体集成技术、自动控制技术、数字技术和通信技术发展起来的一种通用的公用自动化装置, 是现代工业 3 大支柱之一。德国西门子公司的 S7-200 系列 PLC 是一种小型 PLC。它以紧凑的结构、良好的扩展性、强大的指令功能、低廉的价格, 已经成为当代各种小型控制工程的理想控制器。S7-200 的编程软件 STEP7-Micro/WIN32 可以方便地在 Windows 环境下对 PLC 编程、调试、监控, 使得 PLC 的编程更加方便、快捷。可以说, S7-200 可以完美地满足各种小规模控制系统的要求。

1.1.1 PLC 的基本结构

PLC 实质是一种专用于工业控制的计算机, 各种 PLC 的组成结构基本相同, 主要由电源、CPU、储存器和输入输出接口电路等组成。

(1) 电源

PLC 一般使用 220V 交流电源或 24V 直流电源, 内部的开关电源为 PLC 的中央处理器、存储器等电路提供 5V、12V、24V 直流电源, 使 PLC 能正常工作。可编程逻辑控制器的电源在整个系统中起着十分重要的作用。一般交流电压波动在 $\pm 10\%$ ($\pm 15\%$) 范围内, 可以将 PLC 直接连接到交流电网上去。

(2) 中央处理单元

中央处理单元 (CPU) 是可编程逻辑控制器的控制中枢。一般由控制器、运算器和寄存器组成。CPU 是 PLC 的核心, 它不断采集输入信号, 执行用户程序, 刷新系统输出。CPU 通过地址总线、数据总线、控制总线与储存单元、输入输出接口、通信接口、扩展接口相连。CPU 按照系统程序赋予的功能接收并存储用户程序和数据, 检查电源、存储器、I/O 以及警戒定时器的状态, 并且能够诊断用户程序中的语法错误。当 PLC 运行时, 首先以扫描的方式接收现场各输入装置的状态和数据, 然后分别存入 I/O 映象区, 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将逻辑或算数运算的结果送入 I/O 映象区或数据寄存器内。当所有的用户程序执行完毕之后, 将 I/O 映象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, 如此循环运行, 直到停止。

(3) 存储器

PLC 的存储器包括系统存储器和用户存储器两种。存放系统软件的存储器称为系统程

序存储器，存放应用程序的存储器称为用户程序存储器。

(4) 输入输出接口电路

现场输入接口电路由光耦合电路和微机的输入接口电路组成，作用是将按钮、行程开关或传感器等产生的信号输入 CPU。

现场输出接口电路由输出数据寄存器、选通电路和中断请求电路组成，作用是将 CPU 向外输出的信号转换成可以驱动外部执行元件的信号，以便控制接触器线圈等电器的通、断电。

(5) 功能模块

包括像计数、定位等功能的模块。

(6) 通信模块

通信接口的功能是通过这些通信接口可以和监视器、打印机或其他的 PLC 以及计算机相连，从而实现“人-机”或“机-机”之间的对话。

1.1.2 PLC 的工作原理

PLC 是采用“顺序扫描，不断循环”的方式进行工作的。当 PLC 投入运行后，其工作过程一般分为三个阶段，即输入采样、用户程序执行和输出刷新三个阶段。完成上述三个阶段称作一个扫描周期。在整个运行期间，PLC 的 CPU 以一定的扫描速度重复执行上述三个阶段。

输入采样阶段：首先 PLC 以扫描方式按顺序将所有暂存在输入锁存器中的输入端子的通断状态或输入数据读入，并将其写入各对应的输入状态寄存器中，刷新输入后，进入程序执行阶段。

用户程序执行阶段：在用户程序执行阶段，PLC 总是按由上而下的顺序依次扫描执行每条指令，经相应的运算和处理后，其结果再写入输出状态寄存器中，随着程序的执行输出状态寄存器中的内容将随之改变。

输出刷新阶段：当扫描程序结束，PLC 进入输出刷新阶段。输出状态寄存器的通断状态在输出刷新阶段送至输出锁存器中，并通过输出电路驱动相应的外设。

1.1.3 PLC 的选型规则

在可编程逻辑控制器 (PLC) 系统设计时，应首先确定控制方案，接下来进行 PLC 工程设计选型。设计选型应主要依据工艺流程的特点和应用要求。PLC 及有关设备应是集成的、标准的，遵循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来进行选型。所选用可编程逻辑控制器应是在相关工业领域有投运业绩、成熟可靠的系统，可编程逻辑控制器的系统硬件、软件配置及功能应与装置规模和控制要求相适应。熟悉可编程序控制器、功能表图及有关的编程语言有利于缩短编程时间，因此，在工程设计选型和估算时，应详细分析工艺过程的特点、控制要求，明确控制任务和范围确定所需的操作和动作，然后根据控制要求，估算输入输出点数、所需存储器容量、确定可编程逻辑控制器的功能以及外部设备特性等，最后选择有较高性能价格比的可编程逻辑控制器和设计相应的控制系统。

(1) 输入输出 (I/O) 点数的估算

在估算 I/O 点数时，应考虑适当的余量，通常情况下，根据统计的输入输出点数，应再增加 10%~20% 的可扩展余量，作为输入输出点数估算数据。在实际订货时，还要根据制造厂商可编程逻辑控制器的产品特点，对输入输出点数做出调整。

(2) 存储器容量的估算

存储器容量是可编程序控制器本身能提供的硬件存储单元大小，程序容量是存储器中用户应用项目使用的存储单元的大小，因此程序容量小于存储器容量。在设计阶段，因为用户应用程序还未编制，所以，在设计阶段程序容量是未知的，需在程序调试之后才知道。为了能够在设计选型时对程序容量有一定估算，通常情况下采用存储器容量的估算来替代。

存储器内存容量的估算没有固定的公式，许多文献资料中给出的不同公式，大体上都是按数字量 I/O 点数的 10~15 倍，加上模拟 I/O 点数的 100 倍来计算的。以此数为内存的总字数（16 位为一个字），另外再按此数的 25% 考虑余量。

(3) 控制功能的选择

该选择包括运算功能、控制功能、通信功能、编程功能、诊断功能和处理速度等特性的选择。

① 运算功能 简单可编程逻辑控制器的运算功能包括逻辑运算、计时和计数功能；普通可编程逻辑控制器的运算功能还包括数据移位、比较等运算功能；较复杂的运算功能有代数运算、数据传送等；大型可编程逻辑控制器中还有模拟量的 PID 运算和其他高级运算功能。随着开放系统的出现，在可编程逻辑控制器中都已具有通信功能，有些产品具有与下位机的通信，有些产品具有与上位机的通信，有些产品还具有与工厂或企业网进行数据通信的功能。设计选型时应从实际应用的要求出发，合理选用所需的运算功能。大多数应用场合，只需要逻辑运算和计时计数功能，有些应用需要数据传送和比较，当用于模拟量检测和控制时，才使用代数运算，数值转换和 PID 运算等。要显示数据时需要译码和编码等运算。

② 控制功能 控制功能包括 PID 控制运算、前馈补偿控制运算、比值控制运算等，应根据控制要求确定。可编程逻辑控制器主要用于顺序逻辑控制，因此，大多数场合常采用单回路或多回路控制器解决模拟量的控制，有时也采用专用的智能输入输出单元完成所需的控制功能，提高可编程逻辑控制器的处理速度和节省存储器容量。例如，采用 PID 控制单元、高速计数器、带速度补偿的模拟单元等。

③ 通信功能 大中型可编程逻辑控制器系统应支持多种现场总线和标准通信协议（如 TCP/IP），需要时应能与工厂管理网（TCP/IP）相连接。通信协议应符合 ISO/IEEE 通信标准，应是开放的通信网络。可编程逻辑控制器系统的通信接口应包括串行和并行通信接口、RIO 通信口、常用 DCS 接口等；大中型可编程逻辑控制器通信总线（含接口设备和电缆）应 1:1 冗余配置，通信总线应符合国际标准，通信距离应满足装置实际要求。

可编程逻辑控制器系统的通信网络中，上级的网络通信速率应大于 1Mbps，通信负荷不大于 60%。可编程逻辑控制器系统的通信网络主要有以下几种形式：

a. PC 为主站，多台同型号可编程逻辑控制器为从站，组成简易可编程逻辑控制器网络；

b. 1 台可编程逻辑控制器为主站，其他同型号可编程逻辑控制器为从站，构成主从式可编程逻辑控制器网络；

c. 可编程逻辑控制器网络通过特定网络接口连接到大型 DCS 中作为 DCS 的子网；

d. 专用可编程逻辑控制器网络（各厂商的专用可编程逻辑控制器通信网络）。

为减轻 CPU 通信任务，根据网络组成的实际需要，应选择具有不同通信功能的（如点对点、现场总线）通信处理器。

④ 编程功能 离线编程方式：可编程逻辑控制器和编程器共用一个 CPU，编程器在编程模式时，CPU 只为编程器提供服务，不对现场设备进行控制。完成编程后，编程器切换到运行模式，CPU 对现场设备进行控制，不能进行编程。离线编程方式可降低系统成本，

但使用和调试不方便。

在线编程方式：CPU 和编程器有各自的 CPU，主机 CPU 负责现场控制，并在一个扫描周期内与编程器进行数据交换，编程器把在线编制的程序或数据发送到主机，下一扫描周期，主机就根据新收到的程序运行。这种方式成本较高，但系统调试和操作方便，在大中型可编程逻辑控制器中常采用。

五种标准化编程语言：顺序功能图（SFC）、梯形图（LD）、功能模块图（FBD）三种图形化语言和语句表（IL）、结构文本（ST）两种文本语言。

⑤ 诊断功能 可编程逻辑控制器的诊断功能包括硬件和软件的诊断。硬件诊断通过硬件的逻辑判断确定硬件的故障位置，软件诊断分内诊断和外诊断。通过软件对 PLC 内部的性能和功能进行诊断是内诊断，通过软件对可编程逻辑控制器的 CPU 与外部输入输出等部件信息交换功能进行诊断是外诊断。

可编程逻辑控制器的诊断功能的强弱，直接影响对操作和维护人员技术能力的要求，并影响平均维修时间。

⑥ 处理速度 可编程逻辑控制器采用扫描方式工作。从实时性要求来看，处理速度应越快越好，如果信号持续时间小于扫描时间，则可编程逻辑控制器将扫描不到该信号，造成信号数据的丢失。

处理速度与用户程序的长度、CPU 的处理速度、软件质量等有关。可编程逻辑控制器接点的响应快、速度高，因此能适应控制要求高、响应要求快的应用需要。扫描周期（处理器扫描周期）应满足：小型可编程逻辑控制器的扫描时间不大于 0.5ms/K；大中型可编程逻辑控制器的扫描时间不大于 0.2ms/K。

(4) 可编程逻辑控制器的类型

可编程逻辑控制器按结构分为整体型和模块型两类，按应用环境分为现场安装和控制室安装两类；按 CPU 字长分为 1 位、4 位、8 位、16 位、32 位、64 位等。从应用角度出发，通常可按控制功能或输入输出点数选型。

整体型可编程逻辑控制器的 I/O 点数固定，因此用户选择的余地较小，用于小型控制系统；模块型可编程逻辑控制器提供多种 I/O 卡件或插卡，因此，用户可较合理地选择和配置控制系统的 I/O 点数，功能扩展方便灵活，一般用于大中型控制系统。

1.1.4 PLC 的编程算法

(1) 开关量的计算

开关量也称逻辑量，指仅有两个取值，1 或 0、On 或 Off。它是最常用的控制，对它进行控制是 PLC 的优势，也是 PLC 最基本的应用。

开关量控制的目的是，根据开关量的当前输入组合与历史的输入顺序，使 PLC 产生相应的开关量输出，从而使系统能够按一定的顺序工作。因此，有时也称其为顺序控制。其中，顺序控制又分为手动、半自动或自动。采用的控制原则有分散、集中与混合控制三种。

(2) 模拟量的计算

模拟量是指一些连续变化的物理量，如电压、电流、压力、速度、流量等。

PLC 是由继电控制引入微处理技术后发展而来的，可方便及可靠地用于开关量控制。模拟量可转换成数字量，而数字量只是多位的开关量，所以经转换后的模拟量，PLC 也完全可以可靠地进行处理控制。模拟量控制有时也称过程控制。模拟量多是非电量，而 PLC 只能处理数字量、电量。所以要通过传感器将模拟量转换成电量来实现它们之间的转换。如果这一电量不是标准的，还要经过变送器，把非标准的电量变成标准的电信号，如 4~20mA、1~5V、0~10V 等。同时还要通过模拟量输入单元（A/D），把这些标准的电信号

转换成数字信号；通过模拟量输出单元（D/A）把 PLC 处理后的数字量转换成模拟量：标准的电信号。所以标准电信号、数字量之间的转换就要用到各种运算。所以需要搞清楚模拟量单元的分辨率以及标准的电信号。

例如，PLC 模拟单元的分辨率是 $1/32767$ ，对应的标准电量是 $0\sim 10\text{V}$ ，所要检测的是温度值 $0\sim 100^\circ\text{C}$ 。那么 $0\sim 32767$ 对应 $0\sim 100^\circ\text{C}$ 的温度值。然后计算出 1°C 所对应的数字量是 327.67 。

模拟量控制包括反馈控制、前馈控制、比例控制、模糊控制等。这些都是 PLC 内部数字量的计算过程。

(3) 脉冲量的计算

脉冲量是其取值总是不断地在 0（低电平）和 1（高电平）之间交替变化的数字量。每秒钟脉冲交替变化的次数称为频率。

脉冲量的控制多用于步进电动机、伺服电动机的角度控制、距离控制、位置控制等。脉冲量的控制目的主要是位置控制、运动控制、轨迹控制等。例如，脉冲数在角度控制中的应用。步进电动机驱动器的细分是每圈 10000，要求步进电动机旋转 90° 。那么所要动作的脉冲数值 $= 10000 / (360/90) = 2500$ 。

1.2 梯形图基本知识

梯形图程序语言普遍使用在 PLC 程序设计中，应用较为便捷。最初的梯形图只是一些常开接点、常闭接点、输出线圈、定时器、计数器等的基本机构装置，后来随着可编程控制器（PLC）的出现和发展，梯形图的装置有了明显增多。例如，增加了微分接点、保持线圈等装置以及一些传统配电盘无法达成的应用指令，如加、减、乘、除等数值运算功能。

1.2.1 梯形图逻辑

无论传统梯形图或 PLC 梯形图其工作原理均相同，只是在符号表示上传统梯形图比较接近实体的符号表示，而 PLC 则采用简明且易于计算机或报表上表示的符号表示。在梯形图逻辑方面可分为组合逻辑和顺序逻辑两种。

(1) 组合逻辑

图 1-1 和图 1-2 为分别以传统梯形图和 PLC 梯形图表示组合逻辑的范例。

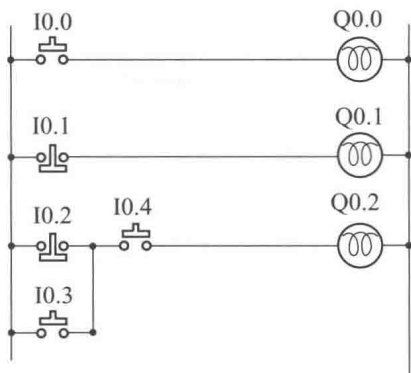


图 1-1 组合逻辑的传统梯形图

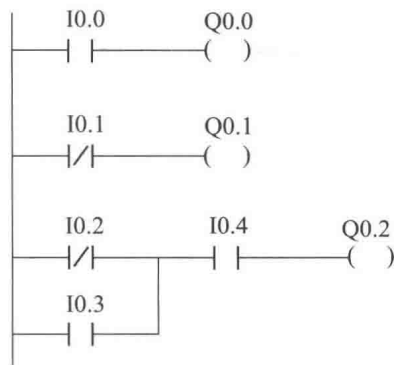


图 1-2 组合逻辑的 PLC 梯形图

行 1：使用常开开关 I0.0 也即一般所谓的“ A ”开关或接点。其特性是在未按下时，其接点为开路（Off）状态，故 Q0.0 不导通，而在开关动作时其接点变为导通（On），故