

普通高校“十一五”规划教材

# S7-200PLC

## 编程原理与工程实训

李 辉 主编  
肖宝兴 李宏伟 副主编



北京航空航天大学出版社

普通高校“十一五”规划教材

# S7 - 200PLC 编程原理与工程实训

李 辉 主 编  
肖宝兴 李宏伟 副主编

北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

本书以西门子 S7-200 可编程序控制器及其编程软件 STEP 7-Micro/WIN 为例,重点介绍了 PLC 的硬件结构、工作原理、指令系统、程序编辑和程序的调试等,还介绍了网络通信知识,以及由 S7-200 PLC 组成的通信网络和 USS 通信协议的具体应用。

书中从工程应用和实训出发,列举了大量的 PLC 控制电路和实际应用系统,通过系统配置和编程训练,可使读者尽快学习可编程控制器技术。

本书可作为电气工程、工业自动化、机电一体化等专业及其他相关专业的教材,对于机电行业的广大技术人员也是一本更新知识结构和实践新技术应用的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

S7-200 PLC 编程原理与工程实训/李辉等编. —北京:北京  
航空航天大学出版社,2008.2

ISBN 978-7-81077-909-8

I. S… II. 李… 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(2007)第 206705 号

### S7-200 PLC 编程原理与工程实训

主 编 李 辉

副主编 肖宝兴 李宏伟

责任编辑:金友泉

\*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn>, E-mail: bhp@263.net

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:24.25 字数:621 千字

2008 年 2 月第 1 版 2008 年 2 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-81077-909-8 定价:32.00 元

## 前 言

可编程序控制器(PLC)是综合计算机技术、自动控制技术和通信技术的一种先进的、新型的、通用的工业控制装置。PLC具有控制能力强、可靠性高、使用灵活方便和易于编程、扩展、通信等一系列优点,是现代工业生产自动化的四大支柱(PLC技术、数控技术、计算机辅助设计/计算机辅助生产及机器人技术)之一。

全书共分7章。第1章主要阐述了现代工业控制从继电器控制发展到PLC控制的过程,简要介绍了PLC硬件结构和工作原理。第2章以系列为背景讲述了PLC系统基本组成,对主机单元、最常用的输入/输出单元的工作原理进行了介绍,对PLC的内部功能结构进行了介绍。第3章介绍了PLC提供给用户的编程资源和其寻址方式,讲解了PLC的基本指令,为指令的学习和应用打下了基础。第4章讲解了PLC的功能指令、高速处理指令以及子程序和中断程序的设计方法。第5章介绍了STEP 7-Micro/WIN编程软件,程序的运行、监控和调试方法。第6章介绍了通信基础知识,着重对西门子公司的PLC通信及网络系统进行了介绍,讲解了通信功能和通信程序的设计方法,USS通信协议及对西门子变频器的控制方法。第7章本着可编程控制器技术是实践技术的指导思想,列举了大量实例,以PLC构成的典型控制系统的形式,对工程中实际用到的功能模块及可能遇到的问题进行了介绍,达到强化操作技能的目的。附录提供了S7-200 PLC的速查参考资料。

本书由李辉、肖宝兴、李宏伟、郑宁、刘悦编写,李辉任主编,肖宝兴、李宏伟任副主编。前言及第5章、第6章由李辉编写;第1章的1.1~1.4节、第2章、第7章的实例1~20由肖宝兴编写;第3章的3.2~3.5节、第4章由李宏伟编写;第7章的实例21~23和附录1~3由郑宁编写;第1章的1.5节、第3章的3.1节由吴兴利编写;附录4由刘玥编写。全书由李辉统稿。书中部分内容的编写参照了有关文献,恕不一一列举,在此谨对书后所有参考文献的作者表示感谢。

由于编写时间仓促,加之作者水平有限,书中错误之处,恳请专家、师生及广大读者批评指正。

编 者

2007年12月于天津工程师范学院

# 目 录

<b>第 1 章 可编程序控制器概述</b> .....	1
1.1 PLC 的产生、定义及分类 .....	1
1.1.1 PLC 的产生 .....	1
1.1.2 PLC 的定义 .....	2
1.1.3 PLC 的分类 .....	2
1.2 PLC 的特点、主要功能及性能指标 .....	4
1.2.1 PLC 的特点 .....	4
1.2.2 PLC 的主要功能 .....	5
1.2.3 性能指标 .....	6
1.3 PLC 的编程语言 .....	6
1.4 PLC 的硬件结构及工作原理 .....	10
1.4.1 PLC 的硬件结构 .....	10
1.4.2 PLC 的工作原理 .....	13
1.5 PLC 的应用设计及发展方向 .....	17
1.5.1 PLC 的应用设计 .....	17
1.5.2 PLC 的发展方向 .....	18
<b>第 2 章 可编程控制器 S7 - 200 概述</b> .....	20
2.1 S7 - 200 的系统组成 .....	20
2.1.1 S7 - 200 的系统基本构成 .....	20
2.1.2 主机单元 .....	21
2.1.3 数字量扩展模板 .....	22
2.1.4 模拟量扩展模板 .....	22
2.1.5 智能模板 .....	23
2.1.6 其他设备 .....	23
2.2 S7 - 200 的性能特点及基本功能 .....	24
2.2.1 S7 - 200 的主要技术性能指标 .....	24
2.2.2 S7 - 200 的输入/输出系统 .....	24
2.2.3 存储系统 .....	29
2.2.4 S7 - 200 的工作方式及扫描周期 .....	31
<b>第 3 章 S7 - 200 系列 PLC 的基本指令</b> .....	33
3.1 S7 - 200 系列 PLC 的内部元件及程序结构 .....	34
3.1.1 S7 - 200 的基本数据类型 .....	34
3.1.2 S7 - 200 的寻址方式 .....	35
3.1.3 S7 - 200 的编程元件 .....	37

3.1.4	S7-200 的程序结构	44
3.2	S7-200 系列 PLC 的基本逻辑指令	45
3.2.1	标准触点指令	46
3.2.2	输出指令(Out)	48
3.2.3	置位和复位指令	48
3.2.4	立即存取(I/O)指令	48
3.2.5	边沿触发指令	50
3.2.6	逻辑结果取反指令(NOT)和空操作指令(NOP)	50
3.2.7	逻辑堆栈指令	53
3.2.8	定时器指令	58
3.2.9	计数器指令	62
3.2.10	定时器及计数器指令的应用与扩展	65
3.2.11	移位寄存器指令	66
3.2.12	比较触点指令	68
3.2.13	顺序控制继电器(SCR)指令	69
3.3	S7-200 系列 PLC 的运算指令	72
3.3.1	加减乘除指令与加 1、减 1 指令	73
3.3.2	数学函数指令	82
3.3.3	逻辑运算指令	85
3.4	S7-200 系列 PLC 的数据处理指令	87
3.4.1	数据传送指令	87
3.4.2	交换字节指令 SWAP	90
3.4.3	填充指令 FILL	91
3.4.4	移位和循环移位指令	91
3.5	S7-200 系列 PLC 的程序控制指令	93
3.5.1	有条件结束(END)指令	94
3.5.2	暂停(STOP)指令	94
3.5.3	监视定时器复位(Watchdog Reset, WDR)指令	94
3.5.4	跳转与标号指令	94
3.5.5	循环指令(FOR, NEXT)	95
3.5.6	子程序	95
<b>第 4 章</b>	<b>S7-200 系列 PLC 的功能指令</b>	<b>102</b>
4.1	表功能指令	102
4.1.1	填表、查表指令	103
4.1.2	先进先出、后进先出指令	104
4.1.3	存储器填充指令	106
4.2	数据转换指令	106
4.2.1	BCD 码与整数的转换	107
4.2.2	字节与整数的转换	107

4.2.3	双字整数与整数的转换	108
4.2.4	双字整数与实数的转换	108
4.2.5	七段显示译码(段码)指令	109
4.2.6	译码、编码指令	110
4.2.7	ASCII 码与十六进制数的转换指令	110
4.2.8	整数、双字整数、实数转为 ASCII 码指令	111
4.2.9	字符串转换指令	113
4.2.10	子字符串转换为数字量	115
4.2.11	指令应用举例	117
4.3	中断指令	119
4.3.1	中断事件	119
4.3.2	中断指令	121
4.3.3	中断程序的调用原则	122
4.4	高速处理指令	126
4.4.1	高速计数器指令	126
4.4.2	高速脉冲输出指令	139
4.5	其他功能指令	144
4.5.1	实时时钟指令	144
4.5.2	PID 指令	145
<b>第 5 章</b>	<b>STEP 7 - Micro/WIN 编程软件的使用</b>	<b>153</b>
5.1	编程软件安装及硬件配置	153
5.1.1	编程软件安装	153
5.1.2	硬件配置	155
5.2	STEP 7 - Micro/WIN 软件功能	156
5.2.1	设置中文语言环境	156
5.2.2	主界面各部分功能	157
5.2.3	系统块设置	160
5.3	STEP 7 - Micro/WIN 软件编程	169
5.3.1	项目文件	170
5.3.2	编程语言切换	172
5.3.3	输入程序	172
5.3.4	编辑程序方法	176
5.3.5	数据块编辑	179
5.3.6	符号表	180
5.3.7	编译与下载	182
5.3.8	S7 - 200 的出错处理	185
5.3.9	引入和引出文件	185
5.3.10	交叉引用	186
5.4	程序运行、监控和调试	188

5.4.1	工作模式选择 .....	188
5.4.2	梯形图程序的状态监控 .....	188
5.4.3	在运行模式下用状态表监视与调试程序 .....	190
5.4.4	在停止模式下用状态表监视与调试程序 .....	193
5.4.5	用趋势图观察程序 .....	193
5.4.6	在运行方式下编辑程序 .....	195
5.4.7	程序的打印输出 .....	195
<b>第 6 章</b>	<b>S7-200 PLC 的通信及网络 .....</b>	<b>197</b>
6.1	通信基础知识 .....	197
6.1.1	基本概念和术语 .....	197
6.1.2	异步串行通信接口标准 .....	199
6.2	计算机通信网络及拓扑结构 .....	201
6.2.1	网络性能的主要因素 .....	201
6.2.2	网络协议和体系结构 .....	204
6.3	西门子 SIMATIC NET .....	206
6.3.1	西门子工业以太网 .....	206
6.3.2	现场总线 PROFIBUS .....	208
6.3.3	现场总线 AS-i .....	209
6.4	S7-200 的网络通信 .....	209
6.4.1	S7-200 的通信协议 .....	209
6.4.2	S7-200 通信网络配置 .....	212
6.4.3	PPI 网络的组成形式 .....	214
6.5	S7-200 网络应用 .....	215
6.5.1	网络指令及应用 .....	215
6.5.2	自由口指令及应用 .....	218
6.6	USS 协议控制电动机驱动器 .....	227
6.6.1	使用 USS 协议的优点 .....	227
6.6.2	USS 通信硬件连接 .....	227
6.6.3	USS 协议的通信报文结构 .....	228
6.6.4	利用基本指令实现 USS 通信的编程 .....	233
6.7	使用 USS 协议库控制 MicroMaster 变频器 .....	234
6.7.1	使用 USS 协议专用指令的要求 .....	234
6.7.2	与变频器通信的时间要求 .....	235
6.7.3	使用 USS 协议专用指令 .....	235
6.7.4	USS 协议指令 .....	236
6.7.5	连接和设置 4 系列 MicroMaster 变频器 .....	239
<b>第 7 章</b>	<b>工程实训实例 .....</b>	<b>243</b>
7.1	运料小车延时正、反转控制程序 .....	243
7.2	皮带运输机循环延时顺序启动、停止控制程序 .....	245



7.3	四组抢答器控制程序 .....	248
7.4	液体反应池定量定时送液控制程序 .....	252
7.5	人行道交通信号灯控制程序 .....	255
7.6	基于中断功能的彩灯循环移动控制程序 .....	258
7.7	基于高速计数器的箱体包装工序控制程序 .....	260
7.8	基于高速计数器的电梯显示控制程序 .....	262
7.9	饮料自动售货机控制程序 .....	265
7.10	圆形停车库汽车存取控制程序 .....	269
7.11	步进电动机运转控制程序 .....	275
7.12	百天倒计时控制程序 .....	279
7.13	30/5 型桥式起重机小车运行 PLC 改造控制程序 .....	294
7.14	T68 镗床 PLC 改造程序 .....	296
7.15	X62W 万能铣床 PLC 改造程序 .....	301
7.16	PLC 改造 Z3050 型摇臂钻床控制系统 .....	305
7.17	PLC 改造 B2012A 型龙门刨床控制系统 .....	309
7.18	两台 PLC 主从式通信程序设计 .....	326
7.19	用 TD200 文本显示器监控邮包配送的程序设计 .....	328
7.20	基于 PID 控制功能的食品罐头杀菌温度控制程序设计 .....	332
7.21	PLC 与 MM440 变频器控制电动机实现 15 速段运转 .....	335
7.22	使用 USS 协议专用指令控制变频器实现电动机多段速运行 .....	340
7.23	使用通用指令实现 PLC 与 MM440 之间的自由口通信 .....	344
<b>附 录</b>	.....	355
附录 1	S7 - 200 的 SIMATIC 指令集简表 .....	355
附录 2	S7 - 200 的特殊存储器 (SM) 标志位 .....	360
附录 3	S7 - 200 错误代码 .....	364
附录 4	文本显示器 TD200 .....	366
<b>参考文献</b>	.....	378

# 第 1 章 可编程序控制器概述

可编程序控制器(programmable logic controller, PLC)是以微处理器为核心的通用工业控制装置,是在继电器控制基础上发展起来的。随着社会生产的发展和科学技术进步,现代工业生产自动化水平的日益提高及微电子技术的迅猛发展,当今的可编程序控制器已将 3C (Computer, Control, Communication)技术,即微型计算机技术、控制技术及通信技术融为一体,又集“3 电”,即电控、电仪、电信三方面控制功能于一身的一种高可靠性控制器,是当代工业生产自动化的重要支柱。

## 1.1 PLC 的产生、定义及分类

### 1.1.1 PLC 的产生

PLC 产生以前,以各种继电器为主要元件的电气控制线路,承担着生产过程自动控制的艰巨任务。这样的控制系统,需要大量的导线,大量的控制柜,占据大量的空间,消耗大量的电能。为保证控制系统的正常运行,需要安排大量的电气技术人员进行维护,尤其是在生产工艺发生变化时,甚至可能需要重新设计组装控制系统。

20 世纪 60 年代末期,美国的汽车制造业竞争激烈,各生产厂家的汽车型号不断更新,就必然要求生产线的控制亦随之改变,以及对整个控制系统重新配置。为此要寻求一种比继电器更可靠、响应速度更快、功能更强大的通用工业控制器。

1969 年,美国数据设备公司(DEC)根据上述要求,研制开发出世界上第一台可编程序控制器,并在 GM 公司汽车生产线上首次应用成功,取得了显著的经济效益。当时人们把它称为可编程序逻辑控制器(programmable logic controller, PLC)。

20 世纪 70 年代后期,随着微电子技术和计算机技术的发展,可编程逻辑控制器更多的具备计算机功能,不仅用逻辑编程取代硬接线逻辑,还增加了运算、数据传送和处理等功能。从此 PLC 真正成为一种电子计算机工业控制装置,而且做到了小型化和超小型化。这种采用微型计算机技术的工业控制装置的功能远远超出逻辑控制、顺序控制的范围,故称为可编程序控制器,简称 PC(programmable controller)。但由于 PC 容易和个人计算机(personal computer)混淆,故人们仍习惯地用 PLC 作为可编程序控制器的英文缩写。

进入 20 世纪 80 年代以来,随着大规模和超大规模集成电路等微电子技术的迅猛发展,以 16 位和 32 位微处理器构成的微机化 PLC 得到了惊人的发展,使 PLC 在概念、设计、性能价格比以及应用等方面都有了新的突破。不仅控制功能增强,功耗、体积减小,成本下降,可靠性提高,编程和故障检测更为灵活方便,而且远程 I/O 和通信网络、数据处理以及图像显示也有了长足的发展。所有这些已经使 PLC 应用于连续生产的过程控制系统,使之成为今天自动化技术的四大支柱之一。

## 1.1.2 PLC 的定义

PLC 一直在飞速发展中,到现在为止,还未能对其下一个十分确切的定义。

1982 年 11 月国际电工委员会(IEC)曾颁发了可编程序控制器标准草案第一稿,1985 年 1 月发表了第二稿,1987 年 2 月颁布了第三稿。该草案中对可编程序控制器的定义是:

“可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为工业环境而设计。它采用了可编程序的存储器,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,并通过数字式和模拟式的输入和输出,控制各种类型机械的生产过程。而有关的外围设备,都应按易于与工业系统连成一个整体,易于扩充其功能的原则设计。”

定义强调了 PLC 应直接应用于工业环境。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。

定义强调了 PLC 是“数字运算操作的电子系统”,是一种计算机。它是“专为工业环境下应用而设计的”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,能完成逻辑运算、顺序控制、定时、计数运算等操作;还具有数字量和模拟量输入和输出的能力,并且非常容易与“工业控制连成一体”,易于“扩充”功能。

## 1.1.3 PLC 的分类

PLC 发展到今天,已经有很多种类型,而且功能也不尽相同,分类时,一般按以下原则来考虑。

### 1. 根据控制规模分类

PLC 的控制规模是以所配置的输入/输出点数来衡量的,PLC 的 I/O 点数表明了 PLC 可从外部接收多少个输入信号和向外部发出多少个输出信号。实际上也就是 PLC 的输入、输出端子数。根据 I/O 点数的多少可将 PLC 分为小型机、中型机和大型机。一般来说,点数多的 PLC,功能也相应较强。

#### (1) 小型机

小型 PLC 的功能一般以开关量控制为主。小型 PLC 输入/输出总点数一般在 256 点以下,用户程序存储器容量在 4 K 字左右。

典型的小型机有 OmRon 的 C 系列,三菱的 F1 系列,西门子的 S5-100U、S7-200 系列等。

#### (2) 中型机

I/O 总点数在 256~1 024 之间的称做中型机。其他除了具备逻辑运算功能,还增加了模拟量输入/输出、算术运算、数据传送、数据通信等功能,可完成既有开关量又有模拟量的复杂控制。用户程序存储器容量达到 8 K 字左右。

#### (3) 大型机

I/O 总点数在 1 024 点以上的称为大型机。用户程序存储器容量达到 16 K 字以上。大型 PLC 的功能更加完善,具有数据运算、模拟调节、联网通信、监视记录和打印等功能。

典型的大型机 PLC 有西门子公司的 S7-400,欧姆龙公司的 CVM1 和 CS1 系列,AB 公司的 SLC5/05 等系列产品。以上划分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,这也是 PLC 的发展趋势。

## 2. 根据结构形式分类

根据 PLC 结构形式的不同,可分为整体式、模板式及分散式 3 种形式。

### (1) 整体式

这种结构的特点是将 PLC 的基本部件,如 CPU 板、输入板、输出板、电源板等都集中配置在一个箱体中,安装在一个标准机壳内,构成一个整体。

整体式 PLC 结构紧凑,体积小,质量轻,价格低,容易装配在工业控制设备的内部,比较适合用于生产机械的单机控制。

这种结构的缺点是主机的 I/O 点数固定,使用不够灵活,维修也较麻烦。

微型和小型 PLC 一般为整体式结构,如西门子的 S7-200 系列。

### (2) 模板式

这种结构的 PLC 各部分以单独的模板分开设置。如电源模板、CPU 模板、I/O 模板、各种功能模板及通信模板等。一般中、大型 PLC 多采用这种结构形式。如西门子的 S7-300 和 S7-400 系列。

这种结构形式的缺点是结构较复杂,各种插件多,因而增加了成本价。

### (3) 分散式

所谓分散式的结构就是将 PLC 的电源、CPU、存储器集中放置在控制室,而将各 I/O 模板分散放置在各个工作站,有通信接口进行通信连接,由 CPU 集中指挥。

以上 3 种形式的可编程控制器的外观结构示意图如图 1-1 所示。

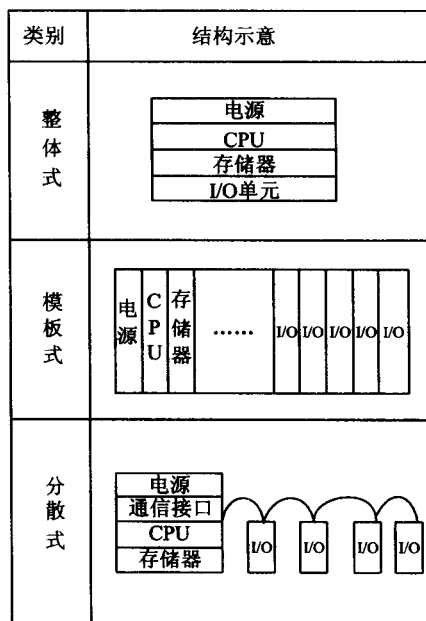


图 1-1 可编程序控制器外观结构示意图

## 3. 根据用途分类

### (1) 用于顺序逻辑控制

顺序逻辑控制是可编程序控制器的最基本的控制功能,也是 PLC 应用最多的场合,比较

典型的应用如自动电梯的控制,各种管道上的电磁阀的自动开启和关闭,皮带运输机的顺序启动,或者自动化生产线的多机控制等。

#### (2) 用于闭环过程控制

对于闭环控制系统,除了要用开关量 I/O 实现顺序逻辑控制外,还要有模拟量的 I/O 回路,以供采样输入和调节输出,实现过程控制中的 PID 调节,形成闭环过程控制系统。

#### (3) 用于多级分布式和集散控制系统

对于这种档次的控制要求,除了要求所选用的 PLC 具有上述的功能外,还要求具有较强的通信功能,以实现各工作站之间的通信,上位机与下位机的通信,最终实现全厂的自动化,形成通信网络。

### 4. 根据生产厂家分类

PLC 的生产厂家众多,各厂家的 PLC,其点数、容量、功能各有差异,但都自成系列,指令及外设向上兼容。因此,在选择 PLC 时,若选择同一系列的产品,则可以使系统构成容易,操作人员使用方便,备品配件的通用性及兼容性好。比较有代表性的有:日本立石(OMRON)公司的 C 系列,三菱公司的 F 系列,美国 AB 公司的 PLC-5 系列,德国西门子公司的 S5 系列和 S7 系列等。

## 1.2 PLC 的特点、主要功能及性能指标

### 1.2.1 PLC 的特点

现代工业生产过程是多种多样的,它们对控制的要求也各不相同,为了能够在各种工业环境中使用 PLC,所有生产厂家的 PLC 都有许多共同的特点。

#### 1. 抗干扰能力强,可靠性极高

PLC 是专为工业环境下设计的。它在电子线路、机械结构以及软件结构上都吸取了生产厂家长期积累的生产控制经验,主要模块均采用大规模与超大规模集成电路,I/O 系统设计有完善的通道保护与信号调理电路,在结构上对耐热、防潮、防尘、抗震等都有周到的考虑;在硬件上采用隔离、屏蔽、滤波、接地等抗干扰措施;在软件上采用数字滤波等抗干扰和故障诊断措施,所有这些使 PLC 具有较高的抗干扰能力。PLC 的平均无故障时间通常在几万小时甚至几十万小时以上,这是其他电气控制设备根本做不到的。

另外,PLC 特有的循环扫描的工作方式,有效地屏蔽了绝大多数的干扰信号。通过这些有效的措施,保证了可编程控制器的高可靠性。

#### 2. 编程方便

PLC 是面向工业企业中一般电气工程技术人员的设计者充分考虑到现场工作人员的技能 and 习惯,采用易于理解和掌握的梯型图语言,以及面向工业控制的简单指令。这种梯形图语言既继承了传统继电器控制线路的表达形式(如线圈、触点、动合、动断),又考虑到工业企业中的电气技术人员的看图习惯和微机应用水平。因此,梯形图语言对于企业中熟悉继电器控制线路的电气工程技术人员是非常亲切的。

### 3. 使用方便

PLC 及其扩展模块品种繁多,所构成的产品已系列化和模块化,并且配有品种齐全的各种软件,用户可灵活组合成各种大小和不同要求的控制系统。在由 PLC 组成的控制系统中,只需要在 PLC 的输入/输出端子上接入相应的导线即可。系统控制要求改变时,只要把用户程序做相应的修改就可以了。

### 4. 维护方便

当 PLC 工作时编程器还可随时监控用户所编写的控制程序,使得 PLC 的操作及维护都很方便。PLC 还具有很强的自诊断能力,能随时检查出自身的故障,并显示给操作人员。

### 5. 设计、施工、调试的周期短

采用 PLC 控制,由于其硬件、软件齐全,设计和施工可同时进行。用软件编程取代了继电器硬接线,使得控制柜的设计及安装接线工作量大为减少,程序编制可在 PLC 到货之前进行,因而缩短了设计周期。用户程序大都可以在实验室模拟调试,模拟调试后再进行生产现场联机统调。

## 1.2.2 PLC 的主要功能

PLC 是采用微电子技术来完成各种控制功能的自动化设备,可以在现场的输入信号作用下,按照预先输入的程序,控制现场的执行机构,按照一定规律进行动作。其主要功能如下:

### 1. 顺序逻辑控制

这是 PLC 最基本最广泛的应用领域,用来取代继电器控制系统,实现逻辑控制和顺序控制。

### 2. 运动控制

在机械加工行业,PLC 与计算机数控(CNC)集成在一起,用以完成机床的运动控制。

### 3. 定时控制

PLC 为用户提供了—定数量的、不同精度等级的定时器,并设置了定时器指令。

### 4. 计数控制

PLC 为用户提供的计数器分为普通计数器、可逆计数器(增减计数器)、高速计数器等。用来完成不同用途的计数控制。

### 5. 步进控制

PLC 为用户提供了—定数量的移位寄存器,用移位寄存器可方便地完成步进控制功能。

### 6. 数据处理

大部分 PLC 都具有不同程度的数据处理功能。主要可以完成的数据运算如:加、减、乘、除、乘方、开方等;逻辑运算如:字与、字或、字异或、求反等,移位、数据比较和传送及数值的转换等操作。

### 7. 模/数和数/模转换

在过程控制或闭环控制系统中,存在温度、压力、速度、电流、电压等连续变化的物理量(或称模拟量)。目前,不仅大、中型 PLC 都具有模拟量处理功能,甚至很多小型 PLC 也具有模拟

量处理功能,而且编程和使用都很方便。

## 8. 通信及联网

目前,绝大多数 PLC 都具备了通信能力,能够实现 PLC 与计算机、PLC 与 PLC 之间的通信。通过这些通信技术,使 PLC 更容易构成工厂自动化(FA)系统;也可与打印机、监视器等外部设备相连,记录和监视有关数据。

### 1.2.3 性能指标

各生产厂家在说明其产品性能指标时,侧重点不完全相同,如何评价一台 PLC 至今还没有一个统一的衡量标准。但是,当用户在进行 PLC 的选型时,可以参照生产厂商提供的技术指标,从以下几个方面考虑。

#### 1. CPU 技术指标

CPU 技术指标是 PLC 各项性能指标中最重要的。在这部分技术指标中,应反映出 CPU 的类型、用户程序存储器容量、可连接的 I/O 接口总点数(开关量多少点,模拟量多少路)、指令长度、指令条数和扫描速度(千字/ms)。

#### 2. I/O 模板技术指标

对于开关量输入模板,要反映出输入点数/块,电源类型、工作电压等级,以及 com 端、输入电路等情况。

对于开关量输出模板,要反映出输出点数/块,电源类型、工作电压等级,以及 com 端、输出电路等情况。一般 PLC 的输出形式有 3 种:继电器输出、晶体管输出、双向晶闸管输出,要根据不同的负载性质选择 PLC 机输出电路的形式。

#### 3. 编程器及编程软件

反映这部分性能指标的有编程器形式(简易编程器、图形编程器、通用计算机),运行环境(DOS 或 Windows),编程软件及是否支持高级语言等。

#### 4. 通信功能

随着 PLC 控制功能的不断增强和控制规模的不断增大,使得通信和联网的能力成为衡量现代 PLC 的重要指标。

#### 5. 扩展性

PLC 的扩展是指 PLC 的主机配置扩展模板的能力。它体现在两个方面,一个是 I/O(数字量 I/O 或模拟量 I/O)的扩展能力;另一个是 CPU 模板的扩展能力。

## 1.3 PLC 的编程语言

PLC 为用户提供了完整的编程语言,以适应编制用户程序的需要。PLC 提供的编程语言通常有以下几种:梯形图、语句表、功能图和功能块图。

### 1. 梯形图(LAD)

梯形图(LADDER)是一种图形编程语言,是从继电器控制原理图的基础上演变而来的。PLC 的梯形图与继电器控制系统原理图的基本思想是一致的,它沿用继电器的触点(触点在

梯形图中又常称为节点)、线圈、串/并联等术语和图形符号,同时还增加了一些继电器—接触器控制系统中没有的特殊功能符号。对于熟悉继电器控制线路的电气技术人员来说,很容易被接受,且不需要学习专门的计算机知识。因此,在 PLC 应用中,应使用的是最基本的、最普遍的编程语言。需要说明的是,这种编程方式只能用编程软件通过计算机下载到 PLC 当中去。如果使用编程器编程,还需要将梯形图转变为语句表用助记符将程序输入到 PLC 中。

PLC 的梯形图虽然是从继电器控制线路图发展而来的,但与其又有一些本质的区别。

(1) PLC 的梯形图中的某些元件沿用了“继电器”这一名称,例如输入继电器、输出继电器、中间继电器等。但是,这些继电器并不是实际存在的物理继电器,而是“软继电器”,也可以说是存储器。它们当中的每一个都与(PLC 的用户程序存储器中的数据存储器中的)元件映像寄存器的一个具体存储单元相对应。如果某个存储单元为“1”状态,则表示与这个存储单元之相对应的那个继电器的“线圈得电”。反之,如果某个存储单元为“0”状态,则表示与这个存储单元之相对应的那个继电器的“线圈断电”。这样,可根据数据存储器中某个存储单元的状态是“1”还是“0”判断与之对应的那个继电器的线圈是否“得电”。

(2) PLC 梯形图中仍然保留了动合触点和动断触点的名称,这些触点的接通或断开,取决于其线圈是否得电(这是继电器、接触器的最基本的工作原理)。在梯形图中,当程序扫描到某个继电器的触点时,就去检查其线圈是否“得电”,即去检查与之对应的那个存储单元的状态是“1”还是“0”。如果该触点是动合触点,就取它的原状态,如果该触点是动断触点,就取它的反状态。

(3) PLC 梯形图中的各种继电器触点的串并联连接,实质上是将这些基本单元的状态依次取出来,进行“逻辑与和逻辑或”等逻辑运算。而计算机对进行这些逻辑运算的次数是没有限制的,因此,可在编制程序时无限次使用这些触点。并且可以根据需要采用动合(常开)和动断(常闭)的形式。特别需要注意的是,在梯形图程序中同一个继电器号的线圈一般只能使用一次。

(4) 图 1-2 是典型的梯形示意图,左右两条垂直的线称为母线。母线之间是触点的逻辑连线 and 线圈的输出。

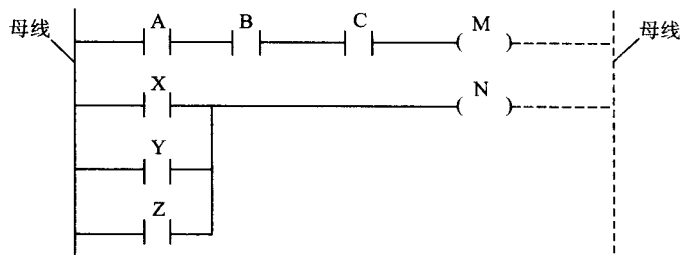


图 1-2 梯形图举例

梯形图的一个关键概念是“能流”(POWER FLOW),这只是概念上的“能流”。图 1-2 中,把左边的母线假想为电源中的“零线”。如果有“能流”从左至右流向线圈,则线圈被激励。

要强调指出的是,引入“能流”的概念,仅仅是为了和继电器接触器控制系统相比较,使我们对于梯形图有一个深入的认识;其实“能流”在梯形图中是不存在的。

有的 PLC 的梯形图有两根母线,但大部分 PLC 现在只保留左边的母线了。在梯形图中,



触点代表逻辑“输入”条件,如开关、按钮和内部条件等;线圈通常代表逻辑“输出”结果,如灯、电动机接触器、中间继电器等。

(5) 在继电器控制线路中,各个并联电路是同时加电压且并行工作的,由于实际元件动作的机械惯性可能会发生触点竞争现象。在梯形图中,各个编程元件的动作顺序是按扫描顺序依次执行的,或者说是按串行方式工作的;在执行梯形图程序时,是自上而下,从左到右,串行扫描,不会发生触点竞争现象。

下面举两个例子说明,表面上看起来完全一样的继电器控制线路图与梯形图,而它们产生的效果可能不完全一样,甚至某些作用完全相反。图 1-3 及图 1-4 给出了两组结构上完全一样的继电器控制线路图与梯形图,但最后的控制结果却不相同。根据上述叙述可观察图 1-3 所示的情况。图(a)是继电器控制线路图,图(b)是梯形图。

在图(a)中,当 S1 工作后,A 得电并自保持,且为 C 得电创造条件。接着 S2 动作,使 B 得电。B 的动断点先切断 A,A 的动合点随之断开,此时虽然 B 的动合点闭合,但 A 已断开,使 C 总不能得电,更不用说自保持了。现在来看图(b)情况,当 S1 动作后,A 得电并自保持,在 S2 动作后,B 得电。所以,在当前扫描周期内,当程序扫描到下面的 A、B 动合触点时,因其线圈此时均以得电,它们均处于接通状态。这样,C 能得电且自保持。待到下个扫描周期时,虽然 A 被复位,动合点断开,但因 C 已自保持,所以 C 不会受到影响。始终处在闭合状态,达到了控制目的。

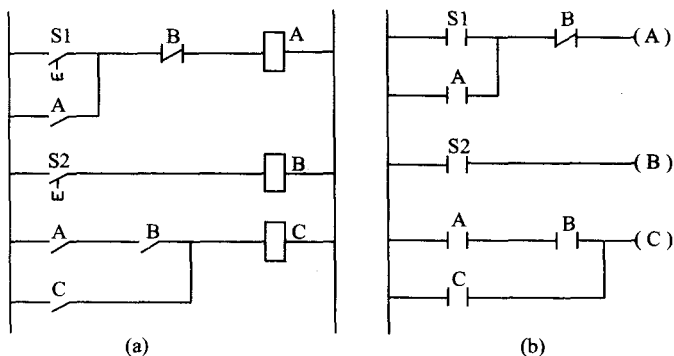


图 1-3 继电器控制线路图不可能实现但梯形图能实现的情况

下面再来看图 1-4 的情况,这是个继电器控制线路图能实现但梯形图不能实现的例子。

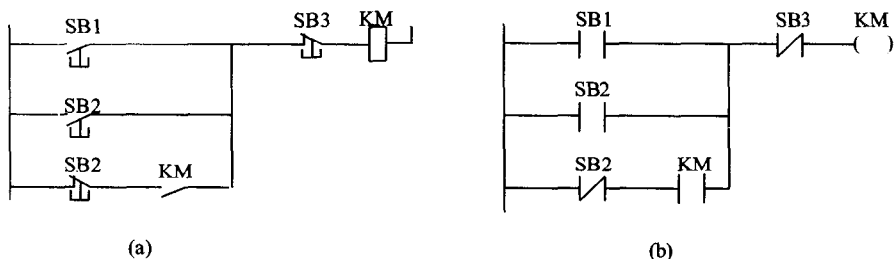


图 1-4 继电器控制线路图能实现但梯形图不可能实现的情况

这是个实现电动机连续运行及点动运行的控制线路图。在图(a)中,当按下 SB1 时,KM