

—普通高等院校—

电 子 信 息 类 系 列 教 材

*S7-300 Kebiancheng
Kongzhiqu (PLC) Jiaocheng*

S7-300 可编程控制器 (PLC) 教程

© 刘艳梅 任双艳 李一波 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

S7-300 可编程控制器 (PLC) 教程 / 刘艳梅, 任双艳,
李一波编著. —北京: 人民邮电出版社, 2008.1
(普通高等院校电子信息类系列教材)
ISBN 978-7-115-16837-5

I. S… II. ①刘…②任…③李… III. 可编程序控制
器—高等学校—教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 145065 号

内 容 提 要

本书全面讲述了西门子 S7-300 PLC 的系统结构、组态、指令系统、STEP7 编程软件的使用、中断处理以及采用结构化编程的实例和应用系统的设计技术、设计方法。本书以系统、实用为宗旨, 用众多的实例讲解 PLC 原理及其系统开发技术, 图文并茂, 实用性强。为便于读者练习和自学, 各章均配有适当的习题。

本书可作为普通高等院校、职业技术学院电子信息、电工电气、自动控制、机械电子及相关专业的教材或教学参考资料, 同时也可以作为广大从事电气、电工行业的研发工程师、专业技术人员及正在学习 PLC 的专业人员的工具书或者培训教材。

普通高等院校电子信息类系列教材 S7-300 可编程控制器 (PLC) 教程

- ◆ 编 著 刘艳梅 任双艳 李一波
责任编辑 蒋 亮
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京通州大中印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 16.5
字数: 396 千字 2008 年 1 月第 1 版
印数: 1—3 000 册 2008 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16837-5/TN

定价: 26.00 元

读者服务热线: (010) 67170985 印装质量热线: (010) 67129223

编 者 的 话

可编程控制器(PLC)是一种以微处理器技术、电子技术、网络通信技术为基础,综合了计算机技术、网络通信技术和自动控制技术的新型通用的自动控制装置。PLC在工业自动化、机电一体化、传统产业技术改造等方面获得了极其广泛的应用,具有功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于编程以及适于在工业环境下应用等一系列优点。目前常用的可编程控制器中,西门子公司的S7-300 PLC以其编程软件STEP 7的简洁易用和通信网络的功能强大而获得业界人士的普遍认可。

本书以S7-300 PLC为例,从可编程控制器课程教学角度出发,结合具体实践操作,在讲清原理的基础上,对具体设计实例和重点难点内容进行了深入讲解,同时与PLC应用技术发展相结合,给出了完整的构造、功能描述和开发工具的使用方法。学生通过学习本书,能够很快熟知PLC知识,并具备应用系统设计的能力。

本书在结构安排上以PLC原理和实例设计为主,目的是通过大量的实例演练来达到快速掌握PLC的目的。为了保证教材内容的完整性,本书开始部分对西门子公司的S7-300 PLC的硬件系统、指令系统、STEP 7编程环境进行了提纲挈领式的介绍,避免了对手册的照搬照抄,以最精炼的语言和篇幅来讲解S7-300 PLC的基础知识。通过对相应的开发工具的介绍,使学生能够掌握与实际开发最直接、最密切的知识,达到快速、扎实地学习PLC课程的目的。本书中的内容是作者多年来讲授PLC的经验总结,实例的教学性和应用性很强。

本教材由沈阳航空工业学院刘艳梅博士、东北大学任双艳博士和沈阳航空工业学院李一波教授共同编写,其中第1章由李一波编写,第2章到第4章由任双艳编写,其余章节由刘艳梅编写,全书由刘艳梅统稿。另外,参与本书编写工作的人员还有张学静、姜海燕、程显奎、吴鹏、蒋伟、曹霖、田雪、姜海亭、姜善春、唐喜燕、杜平等,在此对所有工作人员的辛勤劳动表示衷心的感谢!作者在写作的过程中,参考了不少专家和学者的著作以及国内外一些公司的相关参考文献,在此也向他们深表谢意!

由于编者水平有限,在编写过程中难免有不妥之处,恳请读者予以指正。

作 者

2007年9月

目 录

第 1 章 可编程控制器概述	1
1.1 可编程控制器的产生和定义	1
1.1.1 可编程控制器的产生	2
1.1.2 可编程控制器的定义	3
1.2 可编程控制器的分类和特点	3
1.2.1 可编程控制器的分类	3
1.2.2 可编程控制器的特点	5
1.3 PLC 的工作原理	7
1.3.1 PLC 的工作过程	7
1.3.2 PLC 的 I/O 滞后现象	9
1.3.3 PLC 的组成结构	9
1.4 PLC 的功能及应用	13
1.4.1 PLC 的主要功能	13
1.4.2 PLC 的应用	15
1.4.3 PLC 控制系统的分类	16
1.5 PLC 与微型计算机系统和继电器系统的区别	17
1.5.1 PLC 与微型计算机控制系统的区别	17
1.5.2 PLC 与继电器接触器系统的区别	18
1.6 PLC 的发展	19
1.7 PLC 的性能指标	21
1.8 PLC 的编程语言	21
1.8.1 逻辑部件	21
1.8.2 编程语言	23
1.8.3 梯形图编程	25
本章小结	27
习题	27
第 2 章 S7-300 可编程控制器的编程基础	29
2.1 S7-300 的系统组成及内部资源	29
2.1.1 硬件系统基本结构	30
2.1.2 CPU 模块	37
2.1.3 输入/输出模块	44
2.1.4 分布式 I/O	57
2.1.5 内部资源	58

2.2 S7-300 的编程软件	65
2.2.1 STEP7 概述	65
2.2.2 STEP7 的程序类型和结构	68
2.2.3 STEP7 的数据类型	69
2.2.4 STEP 7 的指令结构	69
2.3 S7-300 的组态	72
2.3.1 编程元件	73
2.3.2 I/O 地址组态	74
2.3.3 STEP 7 的地址编写方法	77
2.3.4 S7-300 的机架组态	78
本章小结	79
习题	80
第 3 章 S7-300 的指令系统及编程	81
3.1 位逻辑指令	81
3.1.1 基本逻辑指令	81
3.1.2 置位/复位指令	87
3.1.3 边沿信号识别指令	90
3.1.4 定时器指令	96
3.1.5 计数器指令	102
3.2 数据传送与转换指令	104
3.2.1 传送指令	104
3.2.2 转换指令	108
3.3 运算指令	113
3.3.1 整数算术运算指令	113
3.3.2 扩展的浮点数算术运算指令	115
3.3.3 加、减、乘、除运算	116
3.3.4 算术运算指令实例	122
3.4 移位指令	126
3.4.1 移位指令	126
3.4.2 循环移位指令	130
3.5 累加器操作和地址寄存器操作指令	135
3.5.1 基本的装入和传送指令	136
3.5.2 比较指令	137
3.5.3 地址寄存器指令、装入和传送指令	139
3.6 控制指令	140
3.7 S7-300 的系统功能模块简介	143
本章小结	147
习题	147

第 4 章 S7 系列结构化程序设计	150
4.1 结构化编程	150
4.2 功能块（功能）的编程及调用	154
4.2.1 功能块组成	155
4.2.2 功能块局部变量声明	156
4.2.3 功能块的调用及内存分配	157
4.2.4 功能块（功能）的编程举例	159
4.3 数据块与数据结构	161
4.3.1 数据块	163
4.3.2 数据块的数据结构	165
4.4 程序设计应用举例	168
4.5 S7-PLC 模拟软件 S7-PLCSIM	174
本章小结	177
习题	177
第 5 章 S7 的组织块和中断处理	178
5.1 组织块概述	178
5.2 组织块的循环执行	180
5.3 定期执行的组织块和中断处理	183
5.4 事件驱动的组织块和中断处理	189
5.5 启动组织块和中断处理	193
5.6 背景组织块	195
本章小结	196
习题	197
第 6 章 现场总线 PROFIBUS-DP 技术及应用	198
6.1 数据通信的基本知识	198
6.2 计算机通信的国际标准	204
6.2.1 OSI 模型	204
6.2.2 现场总线	205
6.3 PROFIBUS 基础	207
6.4 SIMATIC S7 系统中的 PROFIBUS-DP	208
6.4.1 PROFIBUS-DP 概述	208
6.4.2 PROFIBUS DP 系统组态	213
6.5 用 STEP 7 组态 PROFIBUS-DP	217
6.5.1 PROFIBUS-DP 的组态	217
6.5.2 PROFIBUS-DP 的组态实例	219
6.6 系统功能 SFC 在 PROFIBUS-DP 通信中的应用	221

本章小结	224
习题	224
第 7 章 AS-I 总线	225
7.1 概述	225
7.2 AS-I 系统组成	226
7.3 AS-I 通信原理	229
7.4 AS-I 主站模板 CP343-2	232
7.5 SIEMENS 网关 DP/AS-I Link 20E	233
本章小结	234
习题	234
第 8 章 WinCC 开发软件简介	235
8.1 WinCC 概述	235
8.2 WinCC 的组态	237
8.3 WinCC 设计实例	240
本章小结	244
习题	244
附录 1 可编程控制器的制造厂/型号和主要技术特性表	245
附录 2 STEP 7 语句表指令一览表	248
参考文献	253

第 1 章 可编程控制器概述

重点与难点:

可编程序控制器的工作原理。

基本要求:

1. 熟悉可编程序控制器的定义;
2. 理解可编程序控制器的工作原理;
3. 掌握可编程序控制器的分类和特点;
4. 熟练可编程序控制器的编程语言。

本章内容:

1. PLC 的产生和定义;
2. PLC 的分类和特点;
3. PLC 的工作原理;
4. PLC 的功能和应用;
5. PLC 与微机系统和继电器系统的区别;
6. PLC 的发展;
7. PLC 的性能指标;
8. PLC 的编程语言。

1.1 可编程控制器的产生和定义

可编程序控制器 (Programmable Controller, PC) 在其早期主要应用于开关量的逻辑控制, 因此也称为可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC)。为了避免与个人计算机 (Personal Computer, PC) 混淆, 本书中可编程控制器均简称为 PLC。可编程序控制器是以微处理器为基础, 综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术而发展起来的一种通用的工业自动控制装置。它具有体积小、编程简单、功能强、抗干扰能力强、可靠性高、灵活通用、维护方便等优点, 目前在冶金、化工、交通、电力等工业控制领域获得了广泛的应用, 成为了现代工业控制的四大支柱 (可编程序控制器技术、机器人技术、CAD/CAM 和数控技术) 之一。

1.1.1 可编程控制器的产生

20 世纪 60 年代, 计算机技术已开始应用于工业控制了。但由于计算机技术本身的复杂性, 编程难度高、难以适应恶劣的工业环境以及价格昂贵等原因, 未能在工业控制领域广泛应用。当时的工业控制, 主要还是以继电—接触器组成控制系统。

1968 年, 美国最大的汽车制造商——通用汽车制造公司 (GM), 为适应汽车型号的不断翻新, 试图寻找一种新型的工业控制器, 以尽可能减少重新设计和更换继电器控制系统的硬件及接线, 减少时间、降低成本。因而设想把计算机的功能完备、灵活通用和继电器控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜结合起来, 制造一种适合于工业环境的通用控制装置, 并把计算机的编程方法和程序输入方式加以简化, 用“面向控制过程, 面向对象”的“自然语言”进行编程, 使不熟悉计算机的人也能方便地使用。即硬件上减少, 软件上灵活简单。

针对上述设想, 通用汽车公司提出了这种新型控制器所必须具备的 10 大条件 (有名的“GM10 条”):

- ① 编程简单, 可在现场修改程序;
- ② 维护方便, 最好是插件式;
- ③ 可靠性高于继电器控制柜;
- ④ 体积小于继电器控制柜;
- ⑤ 可将数据直接送入管理计算机;
- ⑥ 在成本上可与继电器控制柜竞争;
- ⑦ 输入可以是交流 115V;
- ⑧ 输出可以是交流 115V, 2A 以上, 可直接驱动电磁阀;
- ⑨ 在扩展时, 原有系统只要很小变更;
- ⑩ 用户程序存储器容量至少能扩展到 4KB。

1969 年, 美国数字设备公司 (GEC) 研制成功第一台可编程序控制器, 并在通用汽车公司的自动装配线上试用成功, 从而开创了工业控制的新局面。

接着, 美国 MODICON 公司也开发出可编程序控制器 084。

1971 年, 日本从美国引进了这项新技术, 很快研制出了日本第一台可编程序控制器 DSC-8。1973 年, 西欧国家也研制出了他们的第一台可编程序控制器。我国从 1974 年开始研制, 1977 年开始工业应用。早期的可编程序控制器是为取代继电器控制线路、存储程序指令、完成顺序控制而设计的。主要用于逻辑运算和计时、计数等顺序控制, 均属开关量控制。所以, 通常称为可编程序逻辑控制器 (PLC)。

进入 20 世纪 70 年代, 随着微电子技术的发展, PLC 采用了通用微处理器, 这种控制器就不再局限于当初的逻辑运算了, 功能不断增强。因此, 实际上应称之为可编程序控制器 (PC)。

至 20 世纪 80 年代, 随着大规模和超大规模集成电路等微电子技术的发展, 以 16 位和 32 位微处理器构成的微机化 PC 得到了惊人的发展。使 PC 在概念、设计、性能、价格、应用等方面都有了新的突破。不仅控制功能增强, 功耗和体积减小, 成本下降, 可靠性提高, 编程和故障检测更为灵活方便, 而且随着远程 I/O 和通信网络、数据处理以及图像显示的发展, 使 PC 向用于连续生产过程控制的方向发展, 成为实现工业生产自动化的一大支柱。

1.1.2 可编程控制器的定义

可编程序控制器一直在发展中,所以至今尚未对其下最后的定义。国际电工学会(IEC)曾先后于1982年11月、1985年1月和1987年2月发布了可编程序控制器标准草案的第一、二、三稿。在第三稿中,对PLC作了如下定义:可编程序控制器是一种数字运算操作电子系统,专为在工业环境下的应用而设计。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、算术运算等操作指令,并通过数字的,模拟的输入和输出,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的外围设备,都应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。

定义强调了PLC有以下特点。

- ① PLC是数字运算操作的电子系统,也是一种计算机。
- ② PLC专为在工业环境下应用而设计。
- ③ PLC使用面向用户指令——编程方便。
- ④ PLC进行逻辑运算、顺序控制、定时计算和算术操作。
- ⑤ PLC进行数字量或模拟量输入输出控制。
- ⑥ PLC易与控制系统联成一体。
- ⑦ PLC易于扩充。

1.2 可编程控制器的分类和特点

1.2.1 可编程控制器的分类

由于PLC的品种、型号、规格和功能各不相同,要按统一的标准对它们进行分类十分困难。通常,按I/O点数可划分成大、中、小型三类;按功能强弱又可分为低档机、中档机和高档机三类。

1. 按组成结构形式分类

- (1) 一体化整体式PLC
- (2) 模块式结构化PLC

2. 按I/O点数分类

(1) 小型PLC

I/O点数小于256点;单CPU、8位或16位处理器、用户存储器容量4KB以下,如:

GE-I型	美国通用电气公司
TI100	美国德州仪器公司
F、F1、F2	日本三菱公司
C20 C40	日本立石公司
S7-200	德国西门子公司
EX20 EX40	日本东芝公司

SR-20/21 中外合资无锡华光电子工业有限公司

(2) 中型 PLC

I/O 点数为 256~2 048 点; 双 CPU, 用户存储器容量 2~8KB, 如:

S7-300 德国西门子公司

SR-400 中外合资无锡华光电子工业有限公司

SU-5、SU-6 德国西门子公司

C-500 日本立石公司

GE-III型 美国通用电气公司

(3) 大型 PLC

I/O 点数大于 2 048 点; 多 CPU, 16 位、32 位处理器, 用户存储器容量 8~16KB, 如:

S7-400 德国西门子公司

GE-IV 美国通用电气公司

C-2000 日本立石公司

.K3 日本三菱公司等

3. 按输出形式可以分类

(1) 继电器输出

为有触点输出方式, 适用于低频大功率直流或交流负载。典型的继电器输出电路如图 1-1 所示。

(2) 晶体管输出

为无触点输出方式, 适用于高频小功率直流负载。典型的 NPN 和 PNP 晶体管输出电路如图 1-2 所示。

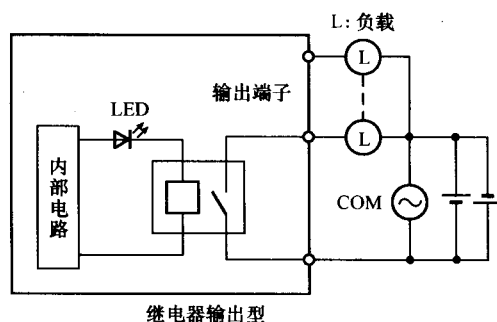


图 1-1 继电器输出

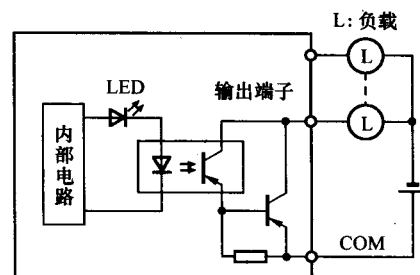
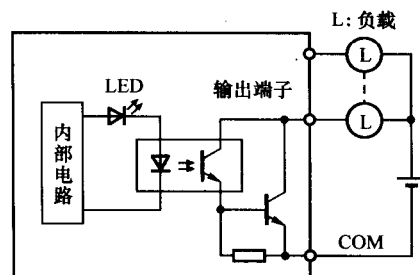


图 1-2 晶体管输出

(3) 晶闸管输出

为无触点输出方式，适用于高速大功率交流负载。典型的晶闸管输出电路如图 1-3 所示。

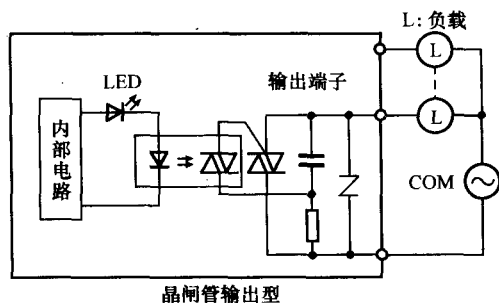


图 1-3 晶闸管输出

1.2.2 可编程控制器的特点

为适应工业环境使用，与一般控制装置相比较，PLC 有以下一些特点。

(1) 可靠性高，抗干扰能力强。

工业生产对控制设备的可靠性要求如下。

① 平均故障间隔时间长。

② 故障修复时间（平均修复时间）短。

电子设备产生的故障，通常为以下两种。

① 偶发性故障。由于外界恶劣环境如电磁干扰、超高温、超低温、过电压、欠电压、振动等引起的故障。这类故障，只要不引起系统部件的损坏，一旦环境条件恢复正常，系统也随之恢复正常。但对 PLC 而言，受外界影响后，内部存储的信息可能被破坏。

② 永久性故障。由于元器件不可恢复的破坏而引起的故障。

如果能限制偶发性故障的发生条件，或能使 PLC 在恶劣环境中不受影响或能把影响的后果限制在最小范围，使 PLC 在恶劣条件消失后自动恢复正常，就能提高平均故障间隔时间；如果能在 PLC 上增加一些诊断措施和适当的保护手段，在永久性故障出现时，能很快查出故障发生点，并将故障限制在局部，就能降低 PLC 的平均修复时间。为此，各 PLC 的生产厂商在硬件和软件方面采取了多种措施，使 PLC 不仅本身具有较强的自诊断能力，能及时给出出错信息，停止运行等待修复外，还具有很强的抗干扰能力。

① 硬件措施

主要模块均使用大规模或超大规模集成电路，大量开关动作由无触点的电子存储器完成，I/O 系统设计有完善的通道保护和信号调理电路。

- 屏蔽——对电源变压器、微处理器、编程器等主要部件，使用导电、导磁良好的材料进行屏蔽，以防外界干扰。

- 滤波——对供电系统及输入线路采用多种形式的滤波，如 LC 或 π 型滤波网络，以消除或抑制高频干扰，也削弱了各种模块之间的相互影响。

- 电源调整与保护——对微处理器这个核心部件所需的 +5V 电源，采用多级滤波，并

用集成电压调整器进行调整,以适应交流电网的波动和过电压、欠电压的影响。

- 隔离——在微处理器与 I/O 电路之间,采用光电隔离措施,有效地隔离 I/O 接口与微处理器之间电的联系,减少故障和误动作;各 I/O 口之间亦彼此隔离。

- 采用模块式结构——这种结构有助于快速修复故障。一旦查出某一模块出现故障,能迅速更换,使系统恢复正常工作;同时也有助于加快查找故障原因。

② 软件措施

有极强的自检及保护功能。

- 故障检测——软件定期地检测外界环境,如掉电、欠电压、锂电池电压过低、强干扰信号等,以便及时进行处理。

- 信息保护与恢复——当偶发性故障条件出现时,不破坏 PLC 内部的信息。一旦故障条件消失,就可恢复正常,继续原来的程序工作。所以,PLC 在检测到故障条件时,立即把现状态存入存储器,软件配合对存储器进行封闭,禁止对存储器的任何操作,以防存储信息丢失。

- 设置警戒时钟 WDT (看门狗)——如果程序每次循环执行时间超过了 WDT 规定的时间,表示了程序进入死循环,立即报警。

- 加强对程序的检查和校验——一旦程序有错,立即报警并停止执行。

- 对程序及动态数据进行电池后备——停电后,利用后备电池供电,使有关状态及信息不会丢失。

PLC 的出厂试验项目中,有一项就是抗干扰试验。它要求能承受幅值为 1 000V,上升时间 1ns,脉冲宽度为 1μs 的干扰脉冲。一般,平均故障间隔时间可达几十万至上千万小时,制成系统亦可有 4~5 万小时甚至更长时间的平均故障间隔。

(2) 通用性强,控制程序可变,使用方便。

PLC 品种齐全的各种硬件装置,可以组成能满足各种要求的控制系统,用户不必自己再设计和制作硬件装置。用户在硬件确定以后,在生产工艺流程改变或生产设备更新的情况下,不必改变 PLC 的硬件,只需改编程序就可以满足要求。因此,除应用于单机控制外,PLC 在工厂自动化中也被大量采用。

(3) 功能强,适应面广。

现代 PLC 不仅有逻辑运算、计时、计数、顺序控制等功能,还具有数字和模拟量的输入输出、功率驱动、通信、人机对话、自检、记录显示等功能。既可控制一台生产机械、一条生产线,又可控制一个生产过程。

(4) 编程简单,容易掌握。

目前,大多数 PLC 仍采用继电控制形式的“梯形图编程方式”。既继承了传统控制线路的清晰直观,又考虑到了大多数工厂企业电气技术人员的读图习惯及编程水平,所以非常容易接受和掌握。梯形图语言的编程元件的符号和表达方式与继电器控制电路原理图相当接近。通过阅读 PLC 的用户手册或经过短期培训,电气技术人员和技术工很快就能学会用梯形图编制控制程序。同时 PLC 还提供了功能图、语句表等编程语言。

PLC 在执行梯形图程序时,用解释程序将它翻译成汇编语言然后执行(PLC 内部增加了解释程序)。与直接执行汇编语言编写的用户程序相比,执行梯形图程序的时间要长一些,但对于大多数机电控制设备来说,这个时间是微不足道的,完全可以满足控制要求。

(5) 减少了控制系统的设计及施工的工作量。

由于 PLC 采用了软件来取代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, 控制柜的设计安装接线工作量大为减少。同时, PLC 的用户程序可以在实验室模拟调试, 更减少了现场的调试工作量。并且, 由于 PLC 有较低的故障率及很强的监视功能, 采用模块化结构等, 使维修也极为方便。

(6) 体积小、重量轻、功耗低、维护方便。

PLC 是将微电子技术应用于工业设备的产品, 其结构紧凑、坚固、体积小、重量轻、功耗低。并且由于 PLC 有强抗干扰能力, 易于装入设备内部, 是实现机电一体化的理想控制设备。以三菱公司的 F1-40M 型 PLC 为例: 其外型尺寸仅为 305mm×110mm×110mm, 重量 2.3kg, 功耗小于 25VA, 而且具有很好的抗振、适应环境温度和湿度变化的能力。现在三菱公司的 FX 系列 PLC, 与其超小型品种 F1 系列相比: 面积减小为 47%, 体积减小为 36%, 在系统的配置上既固定又灵活, 输入输出可达 24~128 点。

1.3 PLC 的工作原理

1.3.1 PLC 的工作过程

由于 PLC 具有比计算机更强的与工业过程相连的接口, 具有更适应于控制要求的编程语言, 因此, PLC 可以被视为是一种特殊的工业控制计算机。但由于有特殊的接口器件及监控软件, 其外型不像计算机, 编程语言、工作原理与普通计算机相比也有一定的差别。另一方面, 它作为继电器控制线路的替代物, 由于其核心为计算机芯片, 因而与继电器控制逻辑的工作过程也有很大差别。普通计算机一般采用等待命令的工作方式, 如常见的键盘扫描方式或 I/O 扫描方式。当按下键盘键或 I/O 动作后, 计算机转入相应的子程序运行, 无键按下或无 I/O 动作则继续扫描; PLC 则采用循环扫描的工作方式, 整个扫描过程可分为输入采样、内部处理、用户程序执行、输出刷新 4 个阶段。PLC 周而复始地循环执行这 4 个阶段, 这种工作方式称为扫描工作方式。PLC 每重复一次这 4 个阶段所用的时间称为一个扫描周期 (或称循环周期、工作周期)。

内部处理阶段是运行 PLC 内部系统的管理程序, 该程序是厂家在 PLC 出厂时就已经固化好了的, 与用户的控制程序无关, 一般比较固定, 其运行时间与用户程序运行时间相比, 要短得多。因此, 为了理解上的方便, 通常忽略内部处理阶段, 而认为 PLC 的工作过程为 3 个阶段: 输入采样阶段、用户程序执行阶段、输出刷新阶段。并近似地认为每重复一次这 3 个阶段所用的时间为一个扫描周期, 如图 1-4 所示。

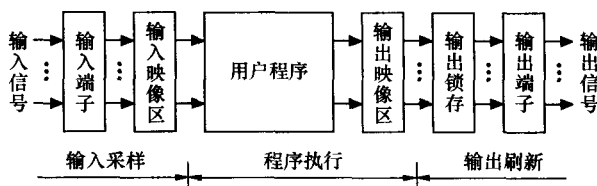


图 1-4 PLC 的工作过程图

1. 输入采样阶段

PLC 以扫描工作方式,按顺序将所有信号读入到寄存输入状态的输入映像寄存器中存储,这一过程称为采样。在这个工作周期内,这个采样结果的内容不会改变,而且这个采样结果将在 PLC 执行程序时被使用。

2. 程序执行阶段

PLC 按顺序对程序进行扫描,即从上到下、从左到右地扫描每条指令,并分别从输入映像寄存器、内部元件寄存器(内部继电器、定时器、计数器等)和输出映像寄存器中获得所需的数据进行运算、处理,再将程序执行的结果写入寄存执行结果的输出映像寄存器中保存。但这个结果在整个程序未执行完毕之前不会送到输出端口上。这就是说,反映各输出元件状态的输出元件映像存储器中所储存的内容,会随着程序执行的进程而变化,当所有程序全都执行完毕后,输出元件映像存储器的内容才固定下来。

这里要注意,当执行控制程序时,如果程序要求某个输出继电器动作,此时这个动作要求并没有直接实时地传送到该继电器,而只是将输出映像存储器中代表该继电器的对应位置“1”,在所有程序段都执行完毕后,才将全部程序执行后产生的输出结果(输出映像存储器的内容)一次送到输出锁存器。PLC 的这种工作方式同一般单纯用硬件组成的控制电路或由控制计算机组成的控制电路是不同的。

3. 输出刷新阶段

在执行完所有用户程序后,PLC 将映像寄存器中的内容送入到寄存输出状态的输出锁存器中,再去驱动用户设备,这就是输出刷新。

PLC 重复执行上述三个阶段,每重复一次的时间即为一个扫描周期,用 T 表示。PLC 在一个扫描周期中,输入扫描和输出刷新的时间一般为 4ms 左右,而程序执行时间可因程序的长度不同而不同。PLC 的一个扫描周期一般为 40~100ms。

PLC 的扫描工作是重复进行的,因此,其输入和输出存储器不断被刷新(I/O 刷新)。一个扫描周期内输入刷新之前,若外部输入信号状态没有变化,则此次的输入刷新就没有变化,经运算处理后,相应的输出刷新和输出的控制信号也没有变化,只是重新被刷新一次。若在一个扫描周期内,输入刷新之前,输入的外部输入信号状态发生了变化,则此次输入刷新就有了变化,经运算处理后,其输出刷新和输出的控制信号也可能有变化。不管输出控制信号有无变化,一个扫描周期内对所有输出只刷新一次,即前一次和后一次输出状态的变化,至少要经历一个扫描周期的时间。

PLC 工作的主要特点是输入信号集中批处理,执行过程集中批处理,输出控制也集中批处理。PLC 的这种“串行”工作方式,可以避免继电器、接触器控制系统中触点竞争和时序失配的问题,还可以增强系统抗干扰能力。由于干扰一般是脉冲式的、短时的,只要 PLC 不是正好工作在输入刷新阶段,就不会受到干扰的影响。因此,瞬间干扰所引起的误动作将会大大减少,从而增强了系统的抗干扰能力,这是 PLC 可靠性高的原因之一。但是这种工作方式又导致输出对输入在时间上的滞后,对于要求快速响应的控制系统,这也是 PLC 的缺点之一。

还需要指出一点，在 PLC 中常采用一种被称为“看门狗”（Watchdog）的监视定时器来监视 PLC 的实际工作周期是否超出预定的时间，以避免 PLC 在执行程序过程中进入死循环，或“跑飞”（PLC 执行非预定的程序）而造成系统瘫痪。

1.3.2 PLC 的 I/O 滞后现象

造成 I/O 响应滞后的原因有以下 3 种。

- (1) 扫描方式：一个扫描周期内对所有输出只刷新一次。
- (2) 电路惯性：输入滤波时间常数和输出继电器触点的机械滞后。
- (3) 与程序设计安排有关。

PLC 的等效电路如图 1-5 所示。

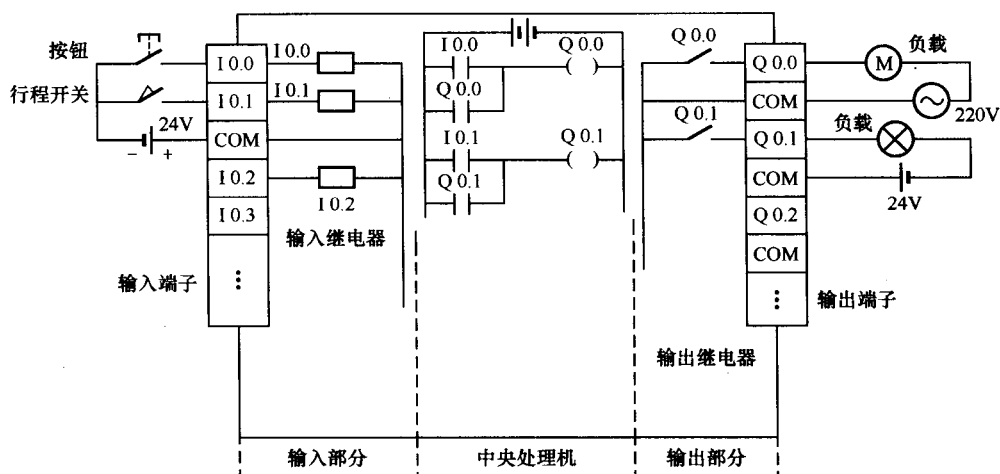


图 1-5 PLC 的等效电路示意图

1.3.3 PLC 的组成结构

PLC 的基本组成可归为 4 大部件。

- 中央处理单元（CPU）——控制器的核心
- 输入部件
 - 输出部件
 （I/O 部件）——连接现场设备与 CPU 之间的接口电路
- 电源部件——为 PLC 内部电路提供能源

整体结构的 PLC 的 4 部分装在同一机壳内，模块式结构的 PLC 的各部件独立封装，称为模块，通过机架和总线连接而成。I/O 的能力可按用户的需要进行扩展和组合。另外，还必须有编程器来将用户程序写进规定的存储器内。

PLC 的基本结构框图如图 1-6 所示。

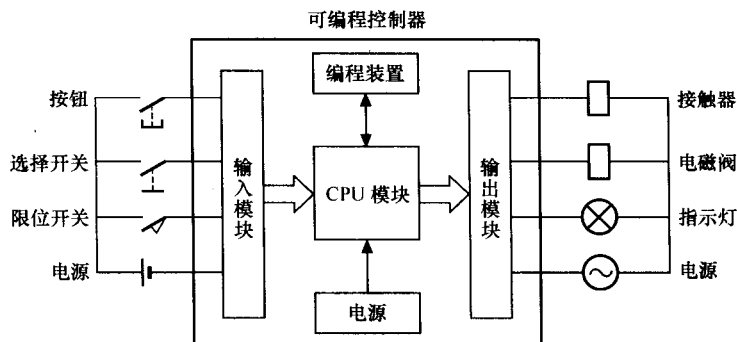


图 1-6 PLC 的基本结构框图

1. 中央处理单元 (CPU)

在 PLC 控制系统中，CPU 模块相当于人的大脑，它不断地采集输入信号，执行用户程序，刷新系统的输出。CPU 模块主要由 CPU 芯片和存储器组成。

CPU 芯片负责输入/输出处理、程序解算、通信处理等功能。CPU 通过输入装置读入外设的状态，由用户程序去处理，并根据处理结果通过输出装置去控制外设。一般 PLC 使用下列 CPU 芯片。

- (1) 通用微处理器，如 Intel 公司的 8086、80186 到 Pentium 系列芯片。
- (2) 单片微处理器（单片机），如 Intel 公司的 MCS-96 系列单片机。
- (3) 位片式微处理器，如 AMD 2900 系列位片式微处理器。

一般的中型可编程控制器多为双微处理器系统，一个是字处理器，它是主处理器，由它处理字节操作指令，控制系统总线、内部计数器、内部定时器，监视扫描时间，统一管理编程接口，同时协调位处理器及输入输出。另一个为位处理器，也称布尔处理器，它是从处理器，它的主要作用是处理位操作指令和在机器操作系统的管理下实现 PLC 编程语言向机器语言转换。

CPU 处理速度是指 PLC 执行 1000 条基本指令所花费的时间。

CPU 是 PLC 的核心部分。与通用微机 CPU 一样，CPU 在 PC 系统中的作用类似于人体的神经中枢。其功能如下。

(1) 用扫描方式（后面介绍）接收现场输入装置的状态或数据，并存入输入映像寄存器或数据寄存器。

(2) 接收并存储从编程器输入的用户程序和数据。

(3) 诊断电源和 PC 内部电路的工作状态及编程过程中的语法错误。

(4) 在 PC 进入运行状态后，进行如下工作。

① 执行用户程序——产生相应的控制信号（从用户程序存储器中逐条读取指令，经命令解释后，按指令规定的任务产生相应的控制信号，去启闭有关的控制电路）。

② 进行数据处理——分时、分渠道地执行数据存取、传送、组合、比较、变换等动作，完成用户程序中规定的逻辑或算术运算任务。

③ 更新输出状态——输出实施控制（根据运算结果，更新有关标志位的状态和输出映像寄存器的内容，再由输入映像寄存器或数据寄存器的内容，实现输出控制、制表、打印、数据通信等）。