

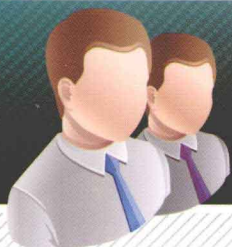


卓越工程师培养计划

■ PLC ■

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

■ 訾 鸿 赵 岩 周宝国 编著 ■



S7-300/400 系列

PLC 入门 及应用实例



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

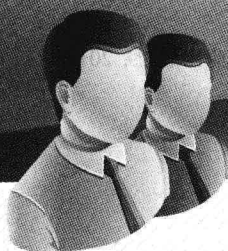


卓越工程师培养计划

■ PLC ■

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

■ 訾 鸿 赵 岩 周宝国 编著 ■



S7-300/400 系列

PLC 入门 及应用实例

北方工业大学图书馆

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书以国内外广泛使用的 S7-300/400 系列 PLC 为对象,由浅入深地介绍了 PLC 的工作原理、S7-300/400 系列 PLC 的硬件系统和 STEP 7 编程软件,并结合实例详细地讲解了 S7-300/400 系列 PLC 的编程语言与指令系统、PLC 的硬件系统设计和软件系统设计,以及 PLC 的网络通信等内容。

本书采用图、表、文相结合的方法,通俗易懂、实用性强,通过三个综合实例介绍了 S7-300/400 系列 PLC 的应用与开发方法,并通过多个仿真实验使学习和实践融会贯通。本书注重实用效果,适合从事电气控制与 PLC 技术的工程技术人员阅读,也可作为高等学校电气工程、自动化及相关专业的教学用书。

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

S7-300/400 系列 PLC 入门及应用实例 / 訾鸿, 赵岩, 周宝国编著. —北京: 电子工业出版社, 2012. 4
(卓越工程师培养计划)

ISBN 978-7-121-16158-2

I. ① S… II. ① 訾… ② 赵… ③ 周… III. ① 可编程序控制器 IV. ① TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 037686 号

策划编辑: 张 剑 (zhang@phei.com.cn)

责任编辑: 徐 萍

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订:

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: 787 × 1092 1/16 印张: 15.5 字数: 396.8

印 次: 2012 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 39.00 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 zlts@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

PLC 是可编程控制器 (Programmable Controller) 的简称, 是一种在继电接触器控制技术和计算机控制技术的基础上发展起来的新型工业自动控制装置。随着科学技术的发展, PLC 技术已融入日常生产、生活的方方面面, 特别是在自动控制领域取得了长足的发展。PLC 以其可靠性高、灵活性强、易于扩展、通用性强、使用方便等优点, 在机械制造、石油化工、冶金钢铁、汽车、轻工业等领域得到了广泛应用。伴随着计算机网络的发展, 可编程控制器作为自动化控制网络和国际通用网络的重要组成部分, 将在工业及工业以外的众多领域发挥越来越大的作用。因此, 掌握和应用 PLC 技术已成为广大学生和工程技术人员的需求。

本书以德国西门子公司的 S7-300/400 系列 PLC 为主, 分基础 (1~3 章)、综合 (4~7 章)、实践 (8~9 章) 三方面介绍 S7-300/400 系列 PLC 的基础知识和应用设计方法。全书共分 9 章, 第 1 章介绍 PLC 的基础知识, 包括 PLC 的产生和发展、基本组成和工作原理、特点和功能。第 2 章介绍 S7-300/400 系列 PLC 的硬件组成、结构、相应模块的使用及内部资源。第 3 章以软件编程为主, 介绍 STEP 7 编程软件及 S7-PLCSIM 仿真软件的使用。第 4 章介绍 S7-300/400 系列 PLC 的编程语言和指令系统。第 5 章介绍 S7-300/400 系列 PLC 的程序结构 (组织块、数据块、功能和功能块等)。第 6 章介绍 PLC 控制系统的硬件设计、软件设计和程序设计的常用方法。第 7 章介绍 PLC 的网络与通信技术。第 8 章给出了 3 个典型的编程范例。第 9 章提供了多个仿真实验, 根据实训的要求, 用编程软件和仿真软件进行操作。

本书内容充实、文字简练, 语言通俗易懂, 具体实例讲解清楚、步骤完整。本书以应用实例为主, 所涉及硬件均有完整的电路图和源程序。综合篇部分的每章最后都有几个实例, 对该章的知识做综合性的概括、归纳和应用, 使读者加深理解和掌握具体内容。实践篇部分通过 3 个应用实例介绍了 S7-300/400 系列 PLC 的应用与开发方法, 便于读者参考和提高综合应用 PLC 技术的能力。本书注重实用效果, 适合从事电气控制与 PLC 技术的工程技术人员阅读, 也可作为高等学校电气工程、自动化及相关专业的教学用书。

本书由訾鸿、赵岩、周宝国编著。其中, 訾鸿主要负责第 6 章、第 8 章、第 9 章、附录 A 和附录 B 的编写, 第 1 章到第 3 章由赵岩编写, 第 4 章、第 5 章和第 7 章由周宝国编写。全书由訾鸿统稿。参加本书编写的还有穆秀春、李娜、于雁南、范红刚、管殿柱、宋一兵、李文秋和王献红。本书在出版过程中得到了电子工业出版社及有关专家的大力支持和帮助, 在此表示由衷的感谢!

由于编者水平和时间有限, 书中错误在所难免, 敬请专家和广大读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 PLC 基础	1
1.1 PLC 的产生、分类和发展	1
1.2 PLC 的基本组成及工作原理	3
1.3 PLC 的特点、功能及应用领域	7
1.4 思考与练习	10
第 2 章 S7-300/400 系列 PLC 硬件基础	11
2.1 PLC 硬件系统基本构成	11
2.2 CPU 模块分类及操作	14
2.3 信号模块及模块地址的确定	18
2.4 S7-300/400 PLC 的电源模块、接口模块、通信模块和功能模块	25
2.5 S7-300/400 PLC 的内部资源	32
2.6 思考与练习	37
第 3 章 STEP 7 编程软件基础	38
3.1 STEP 7 软件安装	39
3.2 SIMATIC 管理器	42
3.3 STEP 7 快速入门	45
3.4 S7-PLCSIM 仿真软件	63
3.5 思考与练习	66
第 4 章 S7-300/400 系列 PLC 的编程语言和指令系统	67
4.1 S7-300/400 的编程语言和数据类型	67
4.2 S7-300/400 指令基础	70
4.3 位逻辑指令	74
4.4 定时器与计数器指令	79
4.5 数据处理功能指令	84
4.6 控制指令	96
4.7 数据运算指令	99
4.8 常用指令综合应用实例	103
4.9 思考与练习	106
第 5 章 S7-300/400 系列 PLC 的程序结构和程序设计	107
5.1 CPU 中的程序	107

5.2	用户程序	107
5.3	组织块与中断处理	109
5.4	数据块	116
5.5	功能和功能块	119
5.6	用户程序编程举例	122
5.7	思考与练习	135
第 6 章	PLC 控制系统设计	136
6.1	控制系统设计概述	136
6.2	PLC 控制系统设计的内容及设计步骤	136
6.3	PLC 控制系统的硬件设计	138
6.4	PLC 控制系统的软件设计	143
6.5	典型控制单元的梯形图程序	146
6.6	PLC 程序设计常用的方法	152
6.7	PLC 程序设计举例	159
6.8	思考与练习	167
第 7 章	S7-300/400 系列 PLC 的通信与网络	168
7.1	PLC 控制网络的基本特点和通信功能	168
7.2	数据通信	168
7.3	工业局域网	173
7.4	S7-300/400 PLC 的通信网络概述	177
7.5	工业以太网	179
7.6	MPI 网络	183
7.7	AS-i 网络	188
7.8	思考与练习	194
第 8 章	S7-300/400 系列 PLC 控制系统应用实例	195
8.1	交通灯控制系统设计	195
8.2	三层电梯 PLC 控制系统设计	198
8.3	工业搅拌机控制系统设计	208
8.4	开发技巧与经验总结	214
8.5	思考与练习	215
第 9 章	PLC 程序设计实训	216
9.1	实训一 位逻辑指令的仿真实验	216
9.2	实训二 三相异步电动机正、反转控制	219
9.3	实训三 故障显示电路	220
9.4	实训四 定时器指令应用	222
9.5	实训五 计数器指令的仿真实验	225

9.6 实训六 移位与循环移位指令的仿真实验 227

9.7 思考与练习 230

附录 A 语句表指令 231

附录 B 常用缩写词 236

参考文献 237

第1章 PLC 基础

本章主要介绍可编程控制器的产生、分类、发展、基本组成、工作原理、特点、功能、应用领域等内容。可编程控制器是一种在继电器控制系统的基础上，与自动化技术、计算机技术和通信技术相结合而不断发展完善起来的新型工业控制装置，它具有使用方便、编程简单、可靠性高、易于维护等优点，在工业控制领域应用十分广泛。通过本章的学习，读者应掌握可编程控制器的基本概念，为后续的学习打下基础。



1.1 PLC 的产生、分类和发展

国际电工委员会对可编程控制器的定义如下：“可编程控制器是一种数学运算的电子系统，专为工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器，用来在内部存储执行逻辑运算、顺序运算、定时、计数和算术运算等操作的指令，并通过数字式、模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关设备，都应按易于与工业控制系统连成一个整体、易于扩充的原则设计。”

本节将介绍 PLC 的产生、分类和发展等内容。

1. PLC 的产生

20 世纪 60 年代末期，美国汽车制造工业竞争激烈，为了适应生产工艺不断更新的需求，1968 年美国通用汽车公司（GM）公开招标，提出 10 项技术指标。

- 编程简单，可在现场修改程序；
- 维护方便，最好是插件式；
- 可靠性高于继电器控制柜；
- 体积小于继电器控制柜；
- 可将数据直接送入管理计算机；
- 在成本上可与继电器控制柜竞争；
- 输入可以是交流 115V（注：美国电网电压为 110V）；
- 输出为交流 115V、2A 以上，能直接驱动电磁阀等；
- 在扩展时，原系统只需很小的变更；
- 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（DEC）根据上述要求研制出世界上第一台可编程控制器，并在 GM 公司首先成功使用。随后日本、德国相继引入，可编程控制器迅速发展起来。初期的可编程控制器主要用于顺序控制，只能进行逻辑运算，所以称为可编程控制器（Programmable Logic Controller），简称 PLC。后来随着电子技术和计算机技术的迅速发展，可编程控制器不仅能实现继电器控制所特有的逻辑判断、计时、计数等顺序功能，同时还增加了数据传送、算术运算、对模拟量进行控制等功能，真正成为了一种电子计算机工业控制装置，而且体积做到了超

小型化。这种采用微计算机技术的工业控制装置的功能远远超出了逻辑控制、顺序控制的范围,故称为可编程控制器,简称 PC (Programmable Controller)。但由于个人计算机 (Personal Computer) 也简称 PC,为避免混淆,所以世界各国都习惯将可编程控制器统称为 PLC。

2. PLC 的分类

PLC 产品的种类繁多,型号规格不统一,其类型通常按以下三种形式划分。

1) 按结构形式分类 PLC 按结构形式的不同分为整体式和模块式两种。

(1) 整体式:把 PLC 的各组成部分安装在一块或少数几块印制电路板上,并连同电源一起装在机壳内形成一个单一的整体,称为主机或基本单元。其特点是简单紧凑、体积较小、价格较低。

通常小型或超小型 PLC 采用这种结构。整体式 PLC 的主机可通过扁平电缆与 I/O 扩展单元、智能单元(如 A/D、D/A 单元)等相连接。

(2) 模块式:把 PLC 的各基本组成部分做成独立的模块,如 CPU 模块(包含存储器)、输入模块、输出模块、电源模块等,然后以搭积木的方式将它们组装在一个具有标准尺寸并带有若干个插槽的机架内。通常中型或大型 PLC 采用这种结构。用户可根据需要灵活方便地将 I/O 扩展单元、A/D 和 D/A 单元、各种智能单元、特殊功能单元、链接单元等模块插入机架底板的插槽中,以组合成不同功能的控制系统。这种结构的特点是,对现场的应变能力强,而且系统各部件的插拔形式十分便于维修。

2) 按 I/O 点数和存储容量分类 PLC 按 I/O 点数和存储容量可大致分为超小型机、小型机、中型机、大型机 4 类。

(1) 超小型机: I/O 点数在 64 以内,存储容量为 256 ~ 1 000B。

(2) 小型机: I/O 点数在 64 ~ 256 之间,存储容量为 1 ~ 3.6KB。

(3) 中型机: I/O 点数在 256 ~ 2 048 之间,存储容量为 3.6 ~ 13KB。

(4) 大型机: I/O 点数在 2 048 以上,存储容量为 13KB 以上。

3) 按功能分类 PLC 按所具有功能的不同,分为高、中、低三档。

(1) 低档机:低档机具有逻辑运算、定时、计数、移位及自诊断、监控等基本功能,有些还有少量的模拟量 I/O (即 A/D、D/A 转换)、算术运算、数据传送、远程 I/O 和通信等功能。一般应用于开关量控制、定时/计数控制、顺序控制及少量模拟量控制等场合。

(2) 中档机:中档机除具有低档机的功能外,还有较强的模拟量 I/O、算术运算、数据传送与比较、数制转换、子程序、远程 I/O 及通信联网等功能,有些还设有中断控制、PID 控制等功能。一般应用于既有开关量又有模拟量的较为复杂的控制系统,如过程控制、位置控制等。

(3) 高档机:高档机除具有一般中档机的功能外,还具有较强的数据处理、模拟调节、特殊功能函数运算、监视、记录、打印等功能,以及更强的通信联网、中断控制、智能控制、过程控制等功能。一般可用于更大规模的过程控制,构成分布式控制系统,形成整个工厂自动化网络。

3. PLC 的发展

虽然 PLC 的应用时间不长,但是随着微处理器的出现,大规模和超大规模集成电路技术的迅速发展及数据通信技术的不断进步,PLC 也发展迅速,其发展过程大致可分为三个阶段。

1) 第一代 PLC (20 世纪 60 年代末~70 年代中期) 早期的 PLC 作为继电器控制系统的替代物,其主要功能只是执行原先由继电器完成的顺序控制和定时控制等任务。PLC 的器件主要采用分立元件和中小规模集成电路,在软件上吸取了广大电气工程技术人员所熟悉的继电器控制线路的特点,形成了特有的编程语言——梯形图 (Ladder Diagram),并一直沿用至今。

2) 第二代 PLC (20 世纪 70 年代中期~80 年代后期) 20 世纪 70 年代,微处理器的出现使 PLC 发生了巨大的变化。各个 PLC 厂商先后开始采用微处理器作为 PLC 的中央处理单元 (Central Processing Unit, CPU),使 PLC 的功能大大增强。在软件方面,除了原有功能外,还增加了算术运算、数据传送和处理、通信、自诊断等功能。在硬件方面,除了原有的开关量 I/O (Input/Output) 以外,还增加了模拟量 I/O、远程 I/O 和各种特殊功能模块,如高速计数模块、PID 模块、定位控制模块和通信模块等,同时扩大了存储器的容量和各类继电器的数量,并提供一定数量的数据寄存器,进一步增强了 PLC 的功能。

3) 第三代 PLC (20 世纪 80 年代后期至今) 20 世纪 80 年代后期,随着超大规模集成电路技术的迅速发展,微处理器的价格大幅度下降,各种 PLC 采用的微处理器的性能普遍提高。为了进一步提高 PLC 的处理速度,各制造厂家还开发了专用芯片,PLC 的软、硬件功能发生了巨大变化,体积更小,成本更低,I/O 模块更丰富,处理速度更快,指令功能更强,即使是小型 PLC,其功能也大大增强,在有些方面甚至超过了早期大型 PLC 的功能。



1.2 PLC 的基本组成及工作原理

PLC 主要由 CPU、存储器、输入/输出接口电路、电源、外设接口、I/O 扩展接口等组成。PLC 采用循环扫描的工作方式。

1. PLC 的基本组成

PLC 的生产厂商很多,产品种类繁多,但它们的基本组成相似,都是以微处理器为核心,采用计算机结构,主要包括 CPU、存储器、输入/输出接口电路、电源、外设接口、I/O 扩展接口,其内部也是采用总线结构,进行数据和指令的传输,如图 1-1 所示。

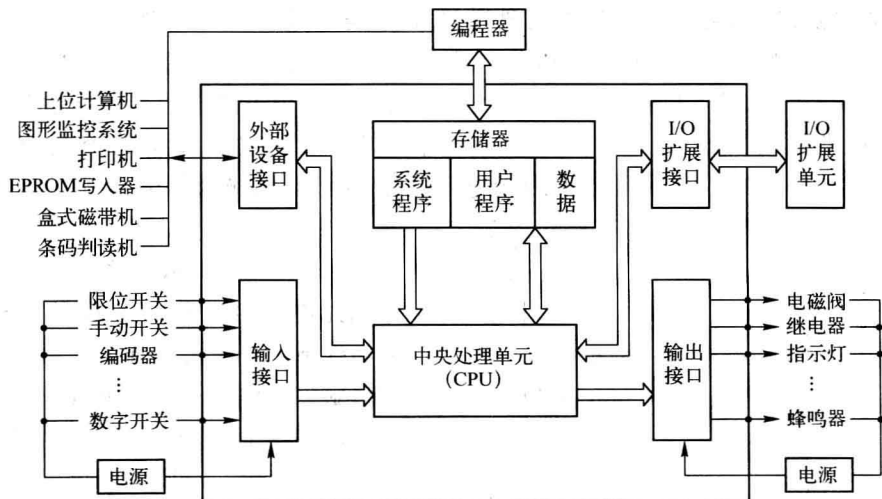


图 1-1 PLC 硬件结构图

1) **中央处理器 CPU (Central Processing Unit)** CPU 是可编程控制器的核心部件, 主要由运算器、控制器、寄存器及实现它们之间联系的地址总线、数据总线和控制总线构成, CPU 中的控制器控制 PLC 工作, 由它读取指令, 解释并执行指令, 工作的时序(节奏)则由振荡信号控制。CPU 中的运算器用于完成算术或逻辑运算, 在控制器的指挥下工作。CPU 中的寄存器参与运算, 并存储运算的中间结果, 它也是在控制器的指挥下工作的。

CPU 的主要功能如下:

- 接收从编程器或计算机输入的程序和数据, 并送入用户程序存储器中存储;
- 采集由现场输入装置送来的状态或数据, 并送入 PLC 的寄存器中;
- 监视电源、内部电路的工作状态及诊断编程过程中的语法错误;
- 从用户程序存储器中逐条读取指令, 并执行各种运算程序;
- 将操作结果送到输出端;
- 响应各种外部设备(编程器、打印机等)的任务处理请求。

2) **存储器** 存储器指 PLC 系统中的内存, 主要用于存放系统程序、用户程序及工作数据等。PLC 中的存储器一般包括系统程序存储器、用户程序存储器两部分。

系统程序存储器用于存放检查程序、翻译程序、监控程序。系统程序是由 PLC 制造商编写的, 关系到 PLC 的性能, 而且在 PLC 使用过程中不会变动, 所以由制造商直接固化在 ROM 中, 用户不能修改。

用户程序存储器包括用户程序存储区和工作数据存储器。用户程序存储区用于存储用户根据工艺要求或控制功能设计的控制程序, 早期一般采用随机读/写存储器(Random Access Memory, RAM), 其中的存储内容可读出并更改。为了防止 RAM 中的程序和数据因电源停电而丢失, 常用高效的锂电池作为后备电源, 锂电池的寿命一般为 3 ~ 5 年。目前倾向于采用电可擦除的可编程只读存储器(Electrical Erasable Programmable Read Only Memory, EEPROM 或 E²PROM) 或闪存(Flash Memory), 免去了后备电源的麻烦。工作数据存储器则包括输入/输出状态寄存器区、计时器/定时器的设定值和经过值存储器区、各种内部编程元件(内部辅助继电器、计数器、定时器等)状态及特殊标志位存储器区、存放暂存数据和中间运算结果的数据寄存器区等。

3) **输入/输出接口电路** PLC 的对外功能主要是通过各种 I/O 接口电路与外界联系来实现的, 输入电路和输出电路是 PLC 与现场 I/O 装置或设备之间的连接部件, 起着 PLC 与外部设备之间传递信息的作用。输入接口电路采用由发光二极管和光敏晶体管组成的光电耦合电路, 将限位开关、手动开关、编码器等现场输入设备的控制信号转换成 CPU 所能接收和处理的数字信号。采用光电耦合电路与现场输入信号相连是为了防止现场的强电干扰进入 PLC。PLC 输入接口电路如图 1-2 所示。输出接口电路一般采用光电耦合电路, 将 CPU 处理过的信号转换成现场需要的强电信号输出, 以驱动接触器、电磁阀等外部设备的通/断电。常见的类型有以下 3 种: 继电器输出型、晶体管输出型、晶闸管输出型。PLC 输出接口电路如图 1-3 所示。

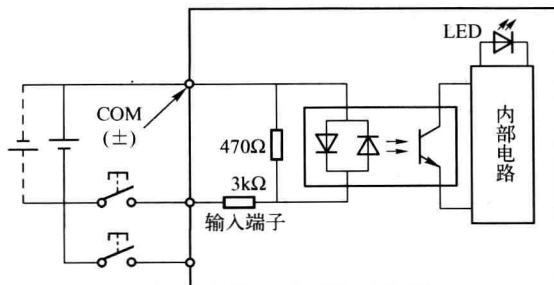


图 1-2 PLC 输入接口电路 (直流输入型)

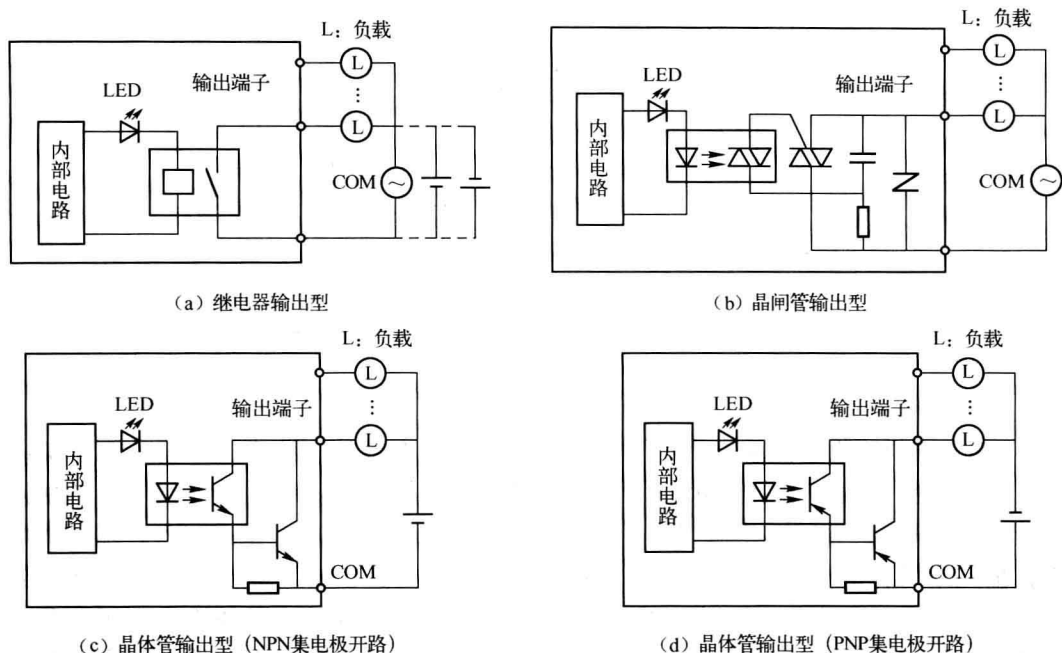


图 1-3 PLC 输出接口电路

继电器输出型为有触点输出方式，用于接通或断开开关频率较低的直流负载或交流负载回路；晶体管输出型为无触点输出方式，用于接通或断开开关频率较高的直流电源负载，分为 PNP 集电极开路和 NPN 集电极开路两种类型；晶闸管输出型为无触点输出方式，用于接通或断开开关频率较高的交流电源负载或交流负载回路。

除上面介绍的 I/O 接口外，PLC 上还配有与各种外围设备的接口，均用插座引出到外壳上，可配接编程器、计算机、打印机、录音机，以及 A/D、D/A、串行通信模块等，可以十分方便地用电缆进行连接。

4) 电源 电源部件将交流电源转换成供 PLC 的中央处理器、存储器等电子电路工作所需要的直流电源，使 PLC 能正常工作。PLC 内部电路使用的电源是整体的能源供给中心，它的好坏直接影响 PLC 的功能和可靠性，因此目前大部分 PLC 采用开关式稳压电源供电。

5) I/O 扩展接口 I/O 扩展接口用来扩展输入/输出点数。当用户所需的输入/输出点数超过主机（控制单元）的输入/输出点数时，可通过 I/O 扩展接口与 I/O 扩展单元连接，以扩充 I/O 点数。A/D、D/A 单元及链接单元一般也通过该接口与主机连接。

2. PLC 的工作原理

PLC 虽然具有微机的许多特点，但它的工作方式却与微机有很大不同。微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，有键按下或 I/O 动作则转入相应的子程序，无键按下则继续扫描。而 PLC 采用循环扫描的工作方式。PLC 的工作过程可分为 3 个阶段进行，如图 1-4 所示。

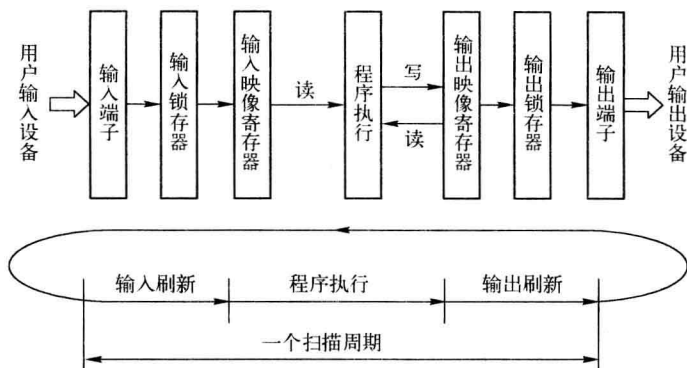


图 1-4 PLC 的扫描工作过程

1) 输入刷新阶段 在输入刷新阶段, PLC 以扫描方式顺序读入所有输入端子的状态 (触点接通还是断开), 并将此状态存入输入锁存器。如果输入端子上外接电器的触点闭合, 锁存器中与端子编号相同的那一位就为“1”, 否则为“0”。在把输入各端子的状态全部扫描完毕后, PLC 将输入锁存器的内容 (即反映当前各输入端子的状态) 输入到输入映像寄存器中。不难想象, 输入映像寄存器中的内容直接反映了各输入端子此刻的状态。这一过程就是输入刷新阶段。随着输入数据输入到输入映像寄存器, 标志着输入刷新阶段的结束。所以输入映像寄存器中的内容只是本次输入刷新时各端子的状态。在输入刷新阶段结束后, PLC 接着转入用户程序执行阶段。在用户程序执行和刷新期间, 输入端子同输入锁存器之间的联系被切断, 即使输入端子的状态发生变化, 输入锁存器的内容也不会改变, 要想改变, 也只能在下一个周期开始的输入刷新阶段才能进行。

2) 用户程序执行阶段 在输入刷新阶段结束后, PLC 进入用户程序执行阶段。在用户程序执行阶段, PLC 总是按先左后右、先上后下的顺序逐句执行控制程序的每条指令。从输入映像寄存器中读入输入端子和内部元件寄存器 (内部继电器、定时器、计数器等) 的状态, 按照控制程序的要求进行逻辑运算和算术运算, 并将每步运算结果写入输出元件映像存储器相关元件对应单元 (位), 若程序运行中需要读入某输出状态或中间状态, 则也在此时从输出元件映像寄存器读入, 然后进行逻辑运算, 运算结果再存入输出元件映像寄存器中。对于每个元件, 反映各输出元件状态的输出元件映像寄存器中所存储的内容, 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, 输出元件映像寄存器的内容固定下来。

3) 输出刷新阶段 待所有指令执行完毕后, PLC 进入输出刷新阶段。把输出元件映像寄存器的内容存入输出锁存器, 由输出接口电路驱动电路输出, 这才是 PLC 的真正输出。

以上 3 个阶段构成 PLC 的一个扫描周期, 如此周而复始不断循环, 因此称为循环扫描方式。

由输入和输出操作的过程可以看出, 在刷新期间若输入变量状态发生变化, 则在本次扫描期间, PLC 的输出端会相应地发生变化, 也就是说输出对输入立刻产生了响应。若在一次 I/O 刷新之后输入变量才发生变化, 则在本次扫描期间 PLC 的输出保持不变, 而要到下一次扫描期间输出才对输入产生响应。即只有在采样 (刷新) 时刻, 输入映像寄存器中的内容才与输入信号一致, 其他时间范围内输入信号的变化不会影响输入映像寄存

器的内存。PLC 根据用户程序要求及当前输入状态进行处理,结果存放在输出映像寄存器中。在程序执行结束(或下次扫描用户程序前)后,PLC 才将输出映像寄存器的内容通过锁存器输出到端子上,刷新后的输出状态要保持到下次刷新为止。这种循环扫描的工作方式存在一种信号滞后的现象,但对于工作速度不是很快的电气传动控制系统来说,响应速度不是主要的指标,所以 PLC 的这种扫描工作方式不但没有坏处反而可以增强系统的抗干扰能力。因为干扰常常是脉冲式的、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会大大减少,故而增加了系统的抗干扰能力。

当某些设备需要输出对输入做出快速响应时,可采取快速响应模块、高速计数模块及中断处理等措施来尽量减少滞后时间。



1.3 PLC 的特点、功能及应用领域

PLC 的特点主要有:可靠性高,抗干扰能力强;软件简单易学,编程方便;模块化设计,灵活方便,维修简单,施工周期短;体积小,质量轻,功耗低;网络功能强等。PLC 的各种控制功能在不断完善,功能强大,应用领域广泛。

1. PLC 的特点

1) **可靠性高,抗干扰能力强** 为保证 PLC 能在工业环境下可靠工作,设计和生产过程中采取了一系列硬件和软件的抗干扰措施,主要有以下几方面。

(1) **隔离**:这是抗干扰的主要措施之一。PLC 的输入/输出接口电路一般采用光电隔离来传递信号,这种光电隔离措施,使外部电路与内部电路之间避免了电的联系,可有效抑制外部干扰源对 PLC 的影响,同时防止外部高压串入,减少故障和误动作。

(2) **滤波**:这是抗干扰的另一个主要措施。在 PLC 的电源电路和输入/输出电路中设置了多种滤波电路,用以对高频干扰信号进行有效抑制。

(3) **屏蔽**:对 PLC 的内部电源还采取了屏蔽、稳压、保护等措施,以减少外界干扰,保证供电质量。另外,使输入/输出接口电路的电源彼此独立,以避免电源之间的干扰。

(4) **连锁**:内部设置连锁、环境检测与诊断、Watchdog(看门狗)等电路,一旦发现故障或程序循环执行时间超过了警戒时钟 WDT 的规定时间(预示程序进入死循环),立即报警,以保证 CPU 可靠工作。

(5) **控制**:利用系统软件定期进行系统状态、用户程序、工作环境和故障检测,并采取信息保护和恢复措施。

(6) **后备**:对用户程序及动态工作数据设置电池后备,以保障停电后有关状态或信息不丢失。

(7) **密封**:采用密封、防尘、抗震的外壳封装结构,以适应工作现场的恶劣环境。

(8) **抗干扰**:PLC 是以集成电路为基本元件的电子设备,内部处理过程不依赖于机械触点,也是保障可靠性高的主要原因;而采用循环扫描的方式,也提高了抗干扰能力。

通过以上措施,保证了 PLC 能在恶劣环境中可靠地工作,使平均故障时间间隔(MT-

BF) 长, 故障修复时间短。目前, MTBF 一般已达到 $(4 \sim 5) \times 10^4 \text{h}$ 。

2) 软件简单易学, 编程方便 PLC 的编程大多采用类似于继电器控制线路的梯形图语言。梯形图主要由人们熟悉的常开/常闭触点、线圈、定时器、计数器等符号组成, 对于使用者来说, 不需要具备计算机的专业知识, 因此很容易为一般工程技术人员甚至技术工人所理解和掌握。

3) 模块化设计, 灵活方便, 维修简单, 施工周期短 为了适应各种工业控制的需要, 绝大多数 PLC 均采用模块化设计, 系统的规模和功能可根据实际控制要求方便地进行组合。PLC 具有完善的监控诊断功能, 内部工作状态、通信状态、I/O 点的状态及异常状态均有醒目的显示, 维修人员可以及时准确地发现和排除故障, 大大缩短了维修时间。

4) 体积小, 质量轻, 功耗低 PLC 是专为工业控制而设计的装置, 其结构紧凑, 坚固, 体积小, 易于装入机械设备内部。PLC 是实现机电一体化的理想控制设备。

5) 网络功能强 采用适配器 RS-232/RS-485 等多种通信接口, 并采用多种功能的编程语言和先进指令系统, 轻松实现 PLC 之间及 PLC 与管理计算机之间的通信, 形成各层分布控制系统或整个工厂的自动化网络, 使通信更方便快捷。

2. PLC 的功能

随着 PLC 技术的不断发展, 目前已能完成以下功能。

1) 条件控制功能 条件控制 (也称逻辑控制或顺序控制) 功能是指用 PLC 的与、或、非指令取代继电器触点串联、并联及其他各种逻辑连接, 进行开关控制。

2) 定时/计数控制功能 定时/计数控制功能是指用 PLC 提供的定时器、计数器指令实现对某种操作的定时或计数控制, 以取代时间继电器和计数继电器。

3) 步进控制功能 步进控制功能是用步进指令来实现在有多道加工工序的控制中, 只有前一道工序完成后, 才能进行下道工序操作的控制, 以取代由硬件构成的步进控制器。

4) 数据处理功能 数据处理功能是指 PLC 能进行数据传送、比较、移位、数制转换、算术运算与逻辑运算, 以及编码和译码等操作。

5) A/D 与 D/A 转换功能 A/D 与 D/A 转换功能是指通过 A/D、D/A 模块完成模拟量和数字量之间的转换。

6) 运动控制功能 运动控制功能是指通过高速计数模块和位置控制模块等进行单轴或多轴控制。

7) 过程控制功能 过程控制功能是指通过 PLC 的 PID 控制模块实现对温度、压力、速度、流量等物理参数进行闭环控制。

8) 扩展功能 扩展功能是指通过连接输入/输出扩展单元 (即 I/O 扩展单元) 模块来增加输入/输出点数, 也可通过附加各种智能单元及特殊功能单元来提高 PLC 的控制能力。

9) 远程 I/O 功能 远程 I/O 功能是指通过远程 I/O 单元将分散在远距离的各种输入/输出设备与 PLC 主机相连接, 进行远程控制, 接收输入信号、传出输出信号。

10) 通信联网功能 通信联网功能是指通过 PLC 之间的联网、PLC 与上位计算机的连接等, 实现远程 I/O 控制或数据交换, 以完成系统规模较大的复杂控制。

11) 监控功能 监控功能是指 PLC 能监视系统各部分的运行状态和进程, 对系统出现

的异常情况进行报警和记录,甚至自动终止运行,也可在线调整、修改控制程序中的定时器、计数器等设定值或强制 I/O 状态。

PLC 的性能指标如下。

1) **输入/输出点数 (即 I/O 点数)** 指 PLC 外部输入/输出端子数,这是最重要的一项技术指标。

2) **扫描速度** 一般以执行 1 000 步指令所需时间来衡量,单位为 ms/千步;有时也以执行 1 步指令的时间计,单位为 μs /步。

3) **内存容量** 一般以 PLC 所能存放用户程序的多少衡量。在 PLC 中程序指令是按“步”存放的 (1 条指令往往不止 1 “步”), 1 “步” 占用 1 个地址单元, 1 个地址单元一般占用 2B。如一个内存容量为 1 000 步的 PLC, 其内存为 2KB。

4) **指令条数** 这是衡量 PLC 软件功能强弱的主要指标。PLC 具有的指令种类越多,说明其软件功能越强。

5) **内部寄存器** PLC 内部有许多寄存器,用于存放变量状态、中间结果、数据等。还有许多辅助寄存器可供用户使用,这些辅助寄存器常可以给用户提供许多特殊功能或简化系统整体设计。因此,寄存器的配置情况通常是衡量 PLC 硬件功能的一个指标。

6) **高级功能模块** PLC 除了主控模块外还可以配接各种高级功能模块。主控模块实现基本的控制功能,高级功能模块则可实现某一种特殊的专门功能。高级功能模块的多少、功能强弱是衡量 PLC 产品水平高低的一个重要标志。

3. PLC 的应用领域

PLC 的上述特点越来越为广大技术人员所认识和接受,PLC 也已经广泛应用到石油、化工、机械、钢铁、交通、电力、轻工、采矿、水利、环保等各个领域,包括从单机自动化到工厂自动化,从机器人、柔性制造系统到工业控制网络。从功能来看,PLC 的应用范围大致包括以下几个方面。

1) **逻辑 (开关) 控制** 可取代传统的继电接触器控制系统和顺序控制器,实现单机控制、多机控制及自动生产线检测。如各种机床、电梯、装配生产线、电镀流水线、运输与检测等方面的控制。

2) **运动控制** 通过配用 PLC 的单轴或多轴等位置控制模块、高速计数模块等来控制步进电动机或伺服电动机,使运动部件能以适当的速度或加速度实现平滑的直线运动或圆弧运动。可用于精密金属切削机床、成型机械、装配机械、机械手、机器人等设备的控制。

3) **模拟量处理与 PID 控制** 通过配用 A/D、D/A 转换模块和智能模块 PID,实现对生产过程中的温度、压力、液位、流量等连续变化的模拟量进行闭环调节控制。

4) **数据处理** PLC 具有数据处理能力,可完成算术运算、逻辑运算、数据比较、数据传送、数制转换、数据移位、数据显示和打印、数据通信等功能,还可完成数据采集、分析和处理任务。一般应用于大中型控制系统,如数据机床、柔性制造系统、机器人控制系统。

5) **通信和联网** 第一代的各类 PLC 都具有通信功能,既可以对远程 I/O 进行控制,又能实现 PLC 与 PLC、PLC 与计算机之间的通信。使用 PLC 可以很方便地构成“集中管理,分散控制”的分布式控制系统,以满足当今计算机集成制造系统及智能化工厂发展的需要。



1.4 思考与练习

- (1) 什么是可编程控制器?
- (2) PLC 的基本构成是什么?
- (3) PLC 有哪些功能?
- (4) PLC 有哪些主要特点?