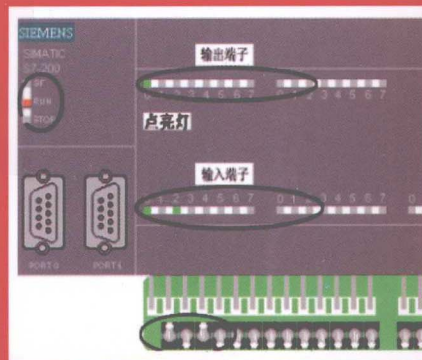
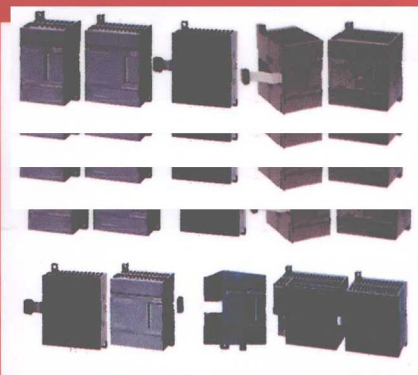


PLC与变频器丛书

西门子 S7-200 PLC 编程速学与快速应用

杨后川 祖先锋 张冬冬 周 淼 编著



先理论，后案例，学以致用，学用并举

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



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

速学
速用

PLC 与变频器丛书

西门子 S7-200 PLC 编程速学 与快速应用

杨后川 祖先锋 张冬冬 周森 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书从继电器与 PLC 的对比入手,介绍如何使用 PLC 指令语言设计西门子 S7-200 PLC 应用程序。主要包括西门子 S7-200 PLC 的结构原理及硬件知识、编程软件、指令系统、基本编程、电动机控制编程、应用系统设计和安装维修。内容既注重系统、全面、新颖,又力求叙述简练、层次分明、结构合理、通俗易懂。在编写形式上,按理论知识、案例、经验与技巧等几大块结构形式编写,既涵盖理论知识,又注重实际应用,使读者既能够快速掌握西门子 S7-200 PLC 基础知识,又能快速编程应用,具有极强的针对性、可读性和实用性,是初学者不可多得的参考书。

本书可作为西门子 PLC 初学者的入门教材,也可作为各类高等学校工业自动化、电气工程及自动化、计算机应用、机电一体化、机械电子工程等相关专业学生的教学用书或者参考书,也可供从事 PLC 控制系统设计、开发的广大科技人员阅读参考。

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

西门子 S7-200 PLC 编程速学与快速应用 / 杨后川等编著. —北京: 电子工业出版社, 2010. 5
(PLC 与变频器丛书)

ISBN 978-7-121-10763-4

I. ①西… II. ①杨… III. ①可编程序控制器 IV. ①TM571.6
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 074875 号

责任编辑: 王敬栋 (wangjd@phei.com.cn)

印 刷: 北京丰源印刷厂

装 订: 三河市鹏成印业有限公司

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: 787×1 092 1/16 印张: 22.25 字数: 570 千字

印 次: 2010 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 45.00 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

可编程控制器（PLC）是一种以微处理器为核心用作数字控制的新型控制器，专为在工业环境下应用而设计，已成为现代工业自动化的三大支柱之一。它已广泛应用于机械制造、冶金、化工、电力、交通、采矿、建材、轻工、环保、食品等行业，既可用于老设备的技术改造，又可用于新产品的开发。因此，对于从事工业控制研发技术人员来说，PLC 系统的设计与应用已经成为了必须掌握的一门专业技术。

西门子公司的 S7-200 系列小型 PLC 具有功能强、性价比高的特点，深受国内用户的欢迎。本书以西门子 S7-200 系列小型 PLC 应用型人才培养为出发点，依据作者多年教学、科研经验，按照“先理论，后案例，学以致用，学用并举”的原则，采用符合读者认知规律的编排模式。本书在系统阐述西门子 PLC 硬件知识、编程软件与编程基础、指令系统与编程、安装维修等基本知识的同时，以案例形式介绍西门子 S7-200 PLC 的编程开发过程与规律，让读者能快速掌握西门子 PLC 编程与应用，真正达到速学快用的目的。本书还具有很好的工程实践参考价值。

全书共 9 章，第 1 章介绍了可编程控制器的结构、工作原理、同继电器的区别、发展及编程语言；第 2 章介绍了 S7-200 PLC 的硬件构成、规格性能、I/O 分配及工作模式；第 3 章介绍了 STEP7-Micro/WIN4.0 编程软件的功能、组成、特点及使用；第 4 章介绍了 S7-200 PLC 的程序组成、编程规则、存储器数据区分配、寻址方式和指令格式；第 5 章介绍了 PLC 的基本逻辑指令、程序控制指令、数据处理运算指令和特殊指令等指令系统；第 6 章介绍了 PLC 的基本或典型控制程序小案例；第 7 章介绍了三相异步电动机、直流电动机、同步电动机及步进电动机的常见控制程序设计；第 8 章介绍了 PLC 控制系统设计的原则与步骤，控制程序设计方法，最后通过案例应用说明 PLC 控制系统的设计过程；第 9 章介绍了 PLC 安装接线与维修知识。各章内容既有联系，又有一定的独立性，并且每章均附有思考题。在编写风格上注意遵循由浅入深、循序渐进的认识规律，便于读者自学。

本书由杨后川、祖先锋、张冬冬、周淼编著，参加编写的还有张学民、陈勇、杨萍、韩玉芹等。本书的第 1 章、第 6 章和第 8 章由杨后川编写，第 5 章由祖先锋编写，第 2 章和第 7 章由张冬冬编写，第 3 章由周淼编写，第 4 章和第 5 章 5.4 节由张学民编写，第 9 章由陈勇和杨萍编写，第 4 章 4.1 节由韩玉芹编写。全书由杨后川副教授统稿并定稿。

北京航空航天大学陈志同教授担任本书主审。他仔细审阅了全部书稿，提出了许多宝贵的意见和建议，在此表示诚挚的谢意！

在编写过程中，作者参阅和引用了西门子公司最新技术资料和相关院校、工厂、科研院所的一些教材、文献，有些正式出版的文献已在书的参考文献中列出，有些难免遗漏，对未能列出的文献和资料，编著者向其作者表示诚挚的感谢。

限于编者的理论水平和实际开发经验，书中的缺点和不足之处在所难免，恳请读者和相关专家批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 可编程控制器	1
1.1 PLC 的基本结构与工作原理	1
1.1.1 PLC 的基本结构	1
1.1.2 PLC 的程序软件	4
1.1.3 PLC 的工作原理	5
1.2 PLC 与继电器的比较	9
1.2.1 继电器控制	9
1.2.2 PLC (可编程控制器) 控制	9
1.2.3 PLC 控制与继电器控制的区别	10
1.3 认识西门子 S7-200 PLC	11
1.4 PLC 的应用现状及发展趋势	13
1.5 PLC 的编程语言	15
1.5.1 梯形图	15
1.5.2 语句表	17
1.5.3 顺序功能图	17
1.5.4 功能块图	18
1.5.5 结构文本	19
思考题	19
第 2 章 西门子 S7-200 PLC 的硬件构成及其性能	20
2.1 西门子 S7-200 PLC 系统概述	20
2.2 西门子 S7-200 PLC 的 CPU 及扩展模块	21
2.2.1 中央处理单元 (CPU)	21
2.2.2 数字量扩展模块	23
2.2.3 模拟量扩展模块	25
2.2.4 热电偶或热电阻扩展模块	26
2.2.5 通信模块	28
2.2.6 位置控制模块	29
2.2.7 附加硬件	30
2.3 西门子 S7-200 PLC 的存储器	32
2.3.1 S7-200 PLC 的存储器类型	32
2.3.2 存储器区结构	33
2.4 西门子 S7-200 PLC 的 I/O 分配	33
2.4.1 地址分配方式	33
2.4.2 S7-200 PLC 的地址分配方式与特点	34

2.5 西门子 S7-200 PLC 的工作模式	36
思考题	37
第 3 章 STEP7-Micro/WIN4.0 编程软件	38
3.1 STEP7-Micro/WIN4.0 简介	38
3.1.1 编程软件安装与启动	38
3.1.2 STEP 7-Micro/WIN 组成与功能	40
3.2 STEP7-Micro/WIN4.0 的使用	44
3.2.1 STEP 7-Micro/WIN 编程	44
3.2.2 程序调试与监控运行	48
3.3 仿真软件及其使用	55
3.3.1 仿真软件的组成与功能	55
3.3.2 仿真软件的使用	56
思考题	58
第 4 章 西门子 S7-200 PLC 编程基础	59
4.1 S7-200 PLC 程序组成	59
4.1.1 PLC 程序的组成	59
4.1.2 PLC 程序的结构	60
4.2 编程规则与技巧	61
4.2.1 继电器线路可使用、梯形图不能（不宜）使用的情况	61
4.2.2 梯形图能使用、继电器线路不能实现的情况	62
4.2.3 梯形图程序的优化	63
4.3 S7-200 PLC 的指令格式	67
4.4 S7-200 PLC 的数据类型与数据区分配	68
4.4.1 数据类型	68
4.4.2 存储器数据区分配	68
4.5 S7-200 PLC 的寻址方式	74
思考题	78
第 5 章 西门子 S7-200 PLC 的指令系统	79
5.1 基本逻辑指令	80
5.1.1 位操作类指令	80
5.1.2 逻辑堆栈指令	85
5.1.3 定时器指令和计数器指令	88
5.1.4 比较操作指令	97
5.1.5 移位操作指令	98
5.2 程序控制指令	102
5.3 数据处理指令	109
5.3.1 数据传送指令	109
5.3.2 数学运算指令	111
5.3.3 逻辑运算指令	117

5.3.4	表功能指令	119
5.3.5	数据转换指令	122
5.4	特殊功能指令	129
5.4.1	中断指令	129
5.4.2	高速处理类指令	138
5.4.3	时钟指令	146
5.4.4	通信指令	148
5.4.5	PID 回路指令	152
	思考题	159
第 6 章	基本或典型控制程序	162
6.1	基本或典型控制程序	162
6.1.1	恒“1”与恒“0”信号控制程序	162
6.1.2	自保持信号控制程序	162
6.1.3	边沿检测信号控制程序	164
6.1.4	互锁、连锁控制程序	164
6.1.5	时间控制程序	166
6.1.6	脉冲触发控制程序	173
6.1.7	分频控制程序	176
6.1.8	报警控制程序	180
6.1.9	输出禁止控制程序	182
6.1.10	计数控制程序	183
6.1.11	顺序控制程序	185
6.1.12	循环控制程序	188
6.1.13	多地点控制程序	189
6.2	简易梯形图程序设计	191
	思考题	196
第 7 章	电动机控制程序设计	197
7.1	三相异步电动机单向运转控制	197
7.2	三相异步电动机正、反转控制	200
7.3	三相异步电动机减压启动控制	205
7.4	三相异步电动机制动控制	209
7.5	直流电动机控制	217
7.6	同步电动机控制	232
7.7	步进电动机控制	235
	思考题	239
第 8 章	S7-200 PLC 应用系统控制设计	240
8.1	PLC 控制系统设计的基本原则与步骤	240
8.1.1	系统设计的原则	240
8.1.2	PLC 控制系统设计的一般步骤和内容	241

8.2 PLC 系统控制程序设计方法	246
8.2.1 经验设计法	246
8.2.2 移植设计法（继电器控制线路转换设计法）	248
8.2.3 逻辑设计法	252
8.2.4 顺序功能图设计法	260
8.3 PLC 控制系统应用设计案例	270
8.3.1 PLC 在气压、液压控制系统中的应用	270
8.3.2 PLC 在普通机床改造控制中的应用	289
8.3.3 PLC 在数控机床中的应用	307
8.3.4 PLC 在其他方面中的应用	318
思考题	326
第 9 章 S7-200 PLC 安装接线与维修	328
9.1 安装接线与相关电路设计	328
9.1.1 PLC 的安装要求	328
9.1.2 PLC 模块安装布置与布线	329
9.1.3 CPU 端子接线	331
9.1.4 扩展模块 I/O 端子接线	335
9.1.5 供电方案、电源安装与接线	337
9.1.6 干扰接地与抑制电路	340
9.1.7 系统试运行	341
9.2 维修	342
9.2.1 日常维护	342
9.2.2 硬件故障诊断基本知识与故障处理指南	343
思考题	346
参考文献	347

第 1 章 可编程控制器

可编程控制器 PC (Programmable Controller) 是由美国电气制造商协会 (NEMA) 命名的, 但由于近年来 PC 又可表示为个人计算机 (Personal Computer), 为了加以区别, 人们常把可编程控制器称为可编程逻辑控制器 PLC (Programmable Logic Controller)。它是以微处理器为基础, 在传统的继电器控制技术基础上, 并综合了计算机技术、半导体集成技术、自动控制技术、数字技术和通信网络技术而发展起来的新型控制器, 是用作数字控制的专用计算机。在工业生产中已获得极其广泛的应用, 它与 CAD/CAM 技术和机器人技术并称为现代工业自动化的三大支柱。要正确地应用可编程控制器去完成各种不同的控制任务, 必须认识可编程控制器, 并了解其结构、工作原理及编程语言等。

1.1 PLC 的基本结构与工作原理

可编程控制器作为工业控制的特殊计算机, 与一般微型计算机系统类似, 具有相应的硬件结构和软件系统。

1.1.1 PLC 的基本结构

目前 PLC 生产厂家很多, 产品结构也各不相同, 但其基本组成部分大致相同, 如图 1-1 所示。从图中可以看出, PLC 采用了典型的计算机结构, 主要由主机、I/O 扩展接口及外围设备组成。PLC 主机由中央处理器 (CPU)、存储器 (Memory)、输入/输出 (I/O) 接口、I/O 扩展接口、通信接口、外围设备接口和电源等部分组成。

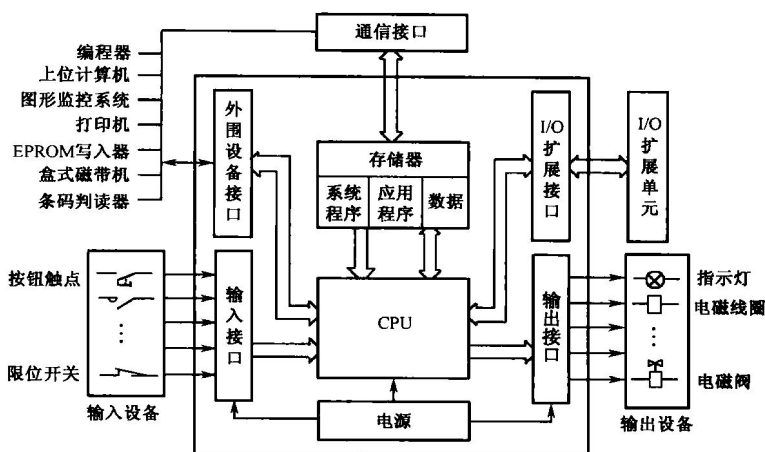


图 1-1 PLC 的典型结构

1. 中央处理器 (CPU)

CPU 是 PLC 的核心部件, 是 PLC 的运算和控制中心, PLC 的工作过程都是在 CPU 的统

一指挥和协调下进行的。CPU 由微处理器和控制器组成,可以实现逻辑运算和数学运算,协调控制系统内部各部分的工作。它是按照系统程序所赋予的任务运行的。PLC 常用的 CPU 有通用微处理器、单片机和位片式微处理器。通用微处理器按其处理数据的位数可分为 4 位、8 位、16 位和 32 位等。PLC 大多用 8 位和 16 位微处理器。控制器的作用是控制整个微处理器的各个部件有条不紊地进行工作,其基本功能就是从内存中读取指令和执行指令。控制器接口电路是微处理器与主机内部其他单元进行联系的部件,主要有数据缓冲、单元选择、信号匹配、中断管理等功能。微处理器通过它来实现与各个单元之间的可靠的信息交换和最佳的时序配合。控制器的主要功能如下:

(1) 采集由现场输入装置送来的状态或数据,通过输入接口存入输入映像寄存器或数据寄存器中,用扫描方式接收输入设备的状态信号,并存入相应的数据区(输入映像寄存器)。

(2) 按用户程序存储器中存放的先后次序逐条读取指令,完成各种数据的运算、传递和存储等功能,进行编译解释后,按指令规定的任务完成各种运算和操作。

(3) 将各种运算结果送到输出端。

(4) 监测和诊断电源 PLC 内部电路工作状态及用户程序编程过程中出现的语法错误。

(5) 根据数据处理的结果,刷新有关标志位的状态和输出状态寄存器的内容,响应各种外围设备(如编程器、打印机、上位计算机、图形监控系统、条码判读器等)的工作请求,以实现输出控制、制表打印或数据通信等功能。

2. 存储器

PLC 的存储器有保持型存储器、随机存取存储器和存储器卡等类型,用于存放 PLC 系统程序、用户程序和运行数据。保持型存储器用于存放 PLC 的系统程序和编好的用于控制运行的用户程序,可长时间存储。随机存取存储器用于存放用户临时程序和数据,存储的内容会因掉电而丢失。存储器卡为扩展与后备用存储器,由用户根据需要选配。

3. I/O 接口

I/O 接口通常也称 I/O 单元或 I/O 模块,是 PLC 与工业过程控制现场之间的连接部件。PLC 通过输入接口能够得到生产过程的各种参数,并向 PLC 提供开关信号量,经过处理后,变成 CPU 能够识别的信号。PLC 通过输出接口将处理结果送给被控制对象,以实现工业现场执行机构的控制目的。由于外部输入设备和输出设备所需的信号电平是多种多样的,而 PLC 内部 CPU 处理的信息只能是标准电平,因此 I/O 接口必须能实现电平转换。

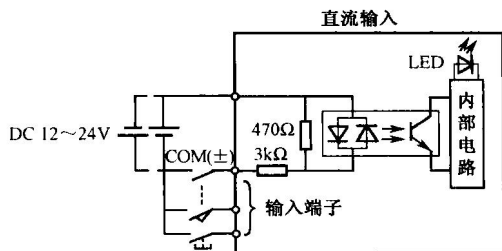


图 1-2 输入接口电路

输入接口的作用是把现场的按钮、各种开关或传感器等信号转变成 PLC 内部可处理的标准信号。常用的输入接口按其使用电源不同可以分为 3 种类型,即直流输入接口、交流输入接口和交-直流输入接口。输入接口采用光耦合电路,如图 1-2 所示,它可以大大减少强电和电磁干扰。

输出接口的作用是将 PLC 内部的标准信号转换为外部现场执行机构所需要的电开关量输出信号。PLC 的输出接口也采用光耦合电路设计。

按 PLC 内部所使用的功率放大元器件不同可分为晶体管型、晶闸管型和继电器型。

晶体管型输出接口用于驱动直流负载。晶体管输出单元的驱动电路一般采用晶体管进行驱动放大,输出方式一般为集电极输出,外加直流负载电源。每个输出点带负载能力约为 1 A,

每个模块约为 3 A。晶体管开关量输出模块为无触点输出模块,使用寿命较长。图 1-3 所示的是晶体管集电极输出电路,线框内为 PLC 内部的输出电路,框外右侧为外部用户连接线。各组的公共点接外接直流电流电源的正(负)极。输出信号送给内部电路中的输出锁存器,再经光耦合器送给输出晶体管,后者的饱和导通状态和截止状态相当于触点的接通和断开。图中的稳压管用来抑制关断过电压和外部的浪涌电压,以保护晶体管,晶体管输出电路的延迟时间小于 1 ms。场效应晶体管输出电路的结构与晶体管输出电路基本上相同。

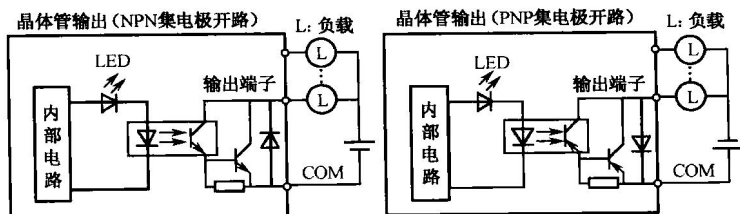


图 1-3 晶体管集电极输出电路

晶闸管型输出接口用于驱动交流负载。图 1-4 所示为晶闸管型输出电路。它采用的开关器件是光控双向晶闸管,驱动电路采用光控双向晶闸管进行驱动放大。图中电阻和电容组成开关保护;压敏电阻清除尖峰电压,起限压作用。该模块外加交流负载电源,每个输出点的带负载能力约为 1 A,每个模块约为 4 A。双向晶闸管为无触点开关,输出的负载电源可以根据负载的需要选用直流或交流电源。双向晶闸管多用于驱动交流负载,负载驱动能力比继电器型的大,可直接驱动小功率接触器。晶闸管型输出电路的响应时间介于晶体管型与继电器型之间。

继电器型输出接口既可以驱动交流负载又可以驱动直流负载。图 1-5 所示为继电器型输出电路。内部电路使继电器的线圈通电,常开触点闭合,使外部负载得电工作。断电器同时起隔离和功率放大作用,每一路只给用户提供一个常开触点。继电器型输出电路的滞后时间一般约为 10 ms。

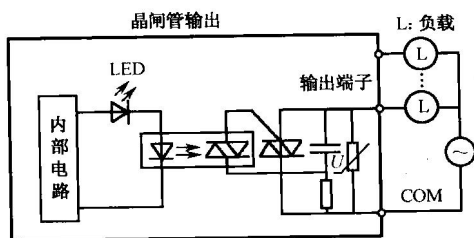


图 1-4 晶闸管型输出电路

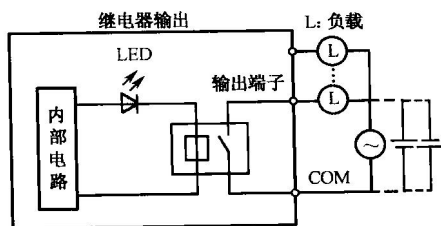


图 1-5 继电器型输出电路

总之,在 I/O 接口电路中一般都具有光隔离和滤波功能,以提高 PLC 的抗干扰能力,实现外部现场的各种信号与系统内部统一信号的匹配和信号的正确传递。另外,I/O 接口上通常还有状态指示灯,工作状态直观,便于维护。

4. I/O 扩展接口

I/O 扩展接口用来扩展 PLC 的 I/O 端子数。当用户所需要的 I/O 端子数超过 PLC 基本单元的 I/O 端子数时,即主机单元(带 CPU)的 I/O 端子数不能满足 I/O 设备端子数需要时,可通过此接口用扁平电缆线将 I/O 扩展接口(不带有 CPU)与主机单元相连接,以增加 PLC 的 I/O 端子数,适应控制系统的要求。其他很多的智能单元也通过该接口与主机相连,PLC 的扩展能力主要受 CPU 寻址能力和主机驱动能力的限制。

5. 通信接口

PLC 配有各种通信接口, 如 RS-232C、RS-422 和 RS-485 等接口, 这些通信接口有的需要通信处理器。PLC 通过这些通信接口可与监视器、打印机、其他 PLC、计算机等设备实现通信。

6. 外围设备接口及特殊模块

外围设备接口是可编程控制器主机实现人-机对话、机-机对话的通道。通过它, 可编程控制器可以和编程器、彩色图形显示器、打印机等外围设备相连, 也可以与其他可编程控制器或上位计算机连接。

PLC 还有许多特殊功能模块, 主要包括模拟量 I/O 单元、远程 I/O 单元、高速计数模块、中断输入模块和 PID 调节模块等。随着 PLC 的进一步发展, 特殊功能单元的种类也越来越多。

7. 电源

PLC 的电源是指把外部供应的交流电源经过整流、滤波、稳压处理后, 转换成满足 PLC 内部的 CPU、存储器和 I/O 接口等电路工作所需要的直流电源电路或电源模块。不同型号的 PLC 有不同的供电方式, 所以 PLC 的电源输入电压既有直流电压 5 V、12 V 和 24 V, 又有交流电压 110 V 和 220 V。

1.1.2 PLC 的程序软件

PLC 除了硬件结构外, 还需要有软件系统的支撑, 二者缺一不可。PLC 的软件系统由系统程序 (又称系统软件) 和应用程序 (又称应用软件) 两大部分组成。

1. 系统程序

系统程序由生产厂家设计, 由管理程序 (运行管理、生成用户元件、内部自检)、用户指令解释程序、编辑程序、功能子程序及调用管理程序组成。它和 PLC 的硬件系统相结合, 完成系统诊断、命令解释、功能子程序的调用管理、逻辑运算、通信及各种参数设定等功能, 提供了 PLC 运行的平台。

(1) 系统管理程序:

系统管理程序主管整个 PLC 的运行, 因此是管理程序中最重要、最核心的部分, 管理程序由以下 3 部分组成。

① 运行管理: 时间分配的运行管理, 即控制可编程控制器输入、输出、运算、自检及通信的时序。

② 存储空间的分配管理: 主要进行存储空间的管理, 即生成用户环境, 由它规定各种参数、程序的存放地址, 将用户使用的数据参数存储地址转化为实际的数据格式及物理存放地址。它将有限的资源变为用户可直接使用的很方便的元件。

③ 系统自检程序: 包括各种系统出错检验、用户程序语法检验、句语检验、警戒时钟运行等。在系统管理程序的控制下, 整个 PLC 就能按要求正确地工作了。

(2) 用户指令解释程序 (包含编辑程序):

用户指令解释程序的主要任务是将用户编程使用的 PLC 语言 (如梯形图语言) 变为机器能懂的机器语言程序。它将梯形图程序逐条翻译成相应的机器语言, 然后通过 CPU 完成这一步的功能。在实际操作中, 为了节省内存, 提高解释速度, 用户程序是用内码的形式存储在 PLC 中的。用户程序变为内码形式的这一步是由编辑程序实现的, 它可以插入、删除、检查、查错用户程序, 方便程序的调试。

(3) 标准模块和系统调用:

标准模块和系统调用主要由许多独立的程序块组成,各自能完成不同的功能,有些完成I/O,有些完成特殊运算等。

2. 应用程序

PLC 的应用程序是用户利用 PLC 厂家提供的编程语言,根据工业现场的控制目的来编制的程序。它存储在 PLC 的用户存储器中,用户可以根据系统的不同控制要求,对原有的应用程序进行改写或删除。应用程序包括开关量逻辑控制程序、模拟量运算程序、闭环控制程序 and 操作站系统程序等。

1.1.3 PLC 的工作原理

PLC 的工作原理可以简单地表述为在系统程序的管理下,通过运行应用程序,对控制要求进行处理判断,并通过执行用户程序来实现控制任务。但是,在时间上,PLC 执行的任务是按串行方式进行的,其具体的运行方式与继电器-接触器控制系统及计算机控制系统都有着一定的差异。

1. 循环扫描的工作原理

PLC 的一个工作过程一般有 5 个阶段:内部处理阶段、通信处理阶段、输入采样阶段、程序执行阶段和输出刷新阶段。当 PLC 开始运行时,首先清除 I/O 映像区的内容,其次进行自诊断,然后与外部设备进行通信连接,确认正常后开始扫描。对于每个用户程序,CPU 从第一条指令开始执行,按指令步序号做周期性的程序循环扫描,如果无跳转指令,则从第一条指令开始,逐条执行用户程序,直至遇到结束符后又返回第一条指令,如此周而复始不断循环,因此,PLC 的工作方式是一种串行循环工作方式,如图 1-6 所示。

(1) 内部处理阶段:

在内部处理阶段,CPU 监测主机硬件、用户程序存储器、I/O 模块的状态并清除 I/O 映像区的内容等,即 PLC 进行各种错误检测(自诊断功能),若自诊断正常,继续向下扫描。

(2) 通信处理阶段:

在通信处理阶段,CPU 自动监测并处理各种通信端口接收到的任何信息,即检查是否有编程器、计算机或上位 PLC 等通信请求,若有,则进行相应处理,完成数据通信任务。例如,PLC 接收编程器送来的程序、命令和各种数据,并把要显示的状态、数据、出错信息发送给编程器进行显示,这称为“监视服务”,一般在程序执行之后进行。

(3) 输入采样阶段:

在输入采样阶段,PLC 首先扫描所有的输入端子,按顺序将所有输入端的输入信号状态(“0”或“1”表现在接线端上是否在承受外加电压)读入输入映像寄存区。这个过程称为对输入信号的采样,或称输入刷新阶段。完成输入端刷新工作后,将关闭输入端口,转入下一步工作过程,即程序执行阶段。在程序执行期间,即使输入端状态发生变化,输入状态寄存器的内容也不会发生改变,而这些变化必须等到下一个工作周期的输入刷新阶段才能被读入。

(4) 程序执行阶段:

程序执行阶段又称程序处理阶段,是 PLC 对程序按顺序进行执行的过程。

在程序执行阶段,PLC 根据用户输入的控制程序,从第一条指令开始逐条执行,并将相应的逻辑运算结果存入对应的内部辅助寄存器和输出状态寄存器。只有输入映像寄存区存放的输入采样值不会发生改变,其他各种数据在输出映像寄存器区或系统 RAM 存储区内的状态和数据都有可能随着程序的执行发生改变。前面执行的结果可能被后面的程序所用到,从

而影响后面程序的执行结果；而后面执行的结果不可能改变前面的扫描结果，只有到了下一个扫描周期再次扫描前面程序时才有可能起作用。但是，在扫描过程中如果遇到程序跳转指令，就会根据跳转条件是否满足来决定程序的跳转地址。当指令中涉及输入、输出状态时，PLC 从输入映像寄存器中“读入”上一阶段存入的对应输入端子状态，从输出映像寄存器“读入”对应输出映像寄存器的当前状态。然后，进行相应的运算，运算结果再存入元件映像寄存器中。对于元件映像寄存器来说，每一个元件（输出软继电器的状态）都会随着程序执行过程而变化。当最后一条控制程序执行完毕后，即转入输出刷新阶段。

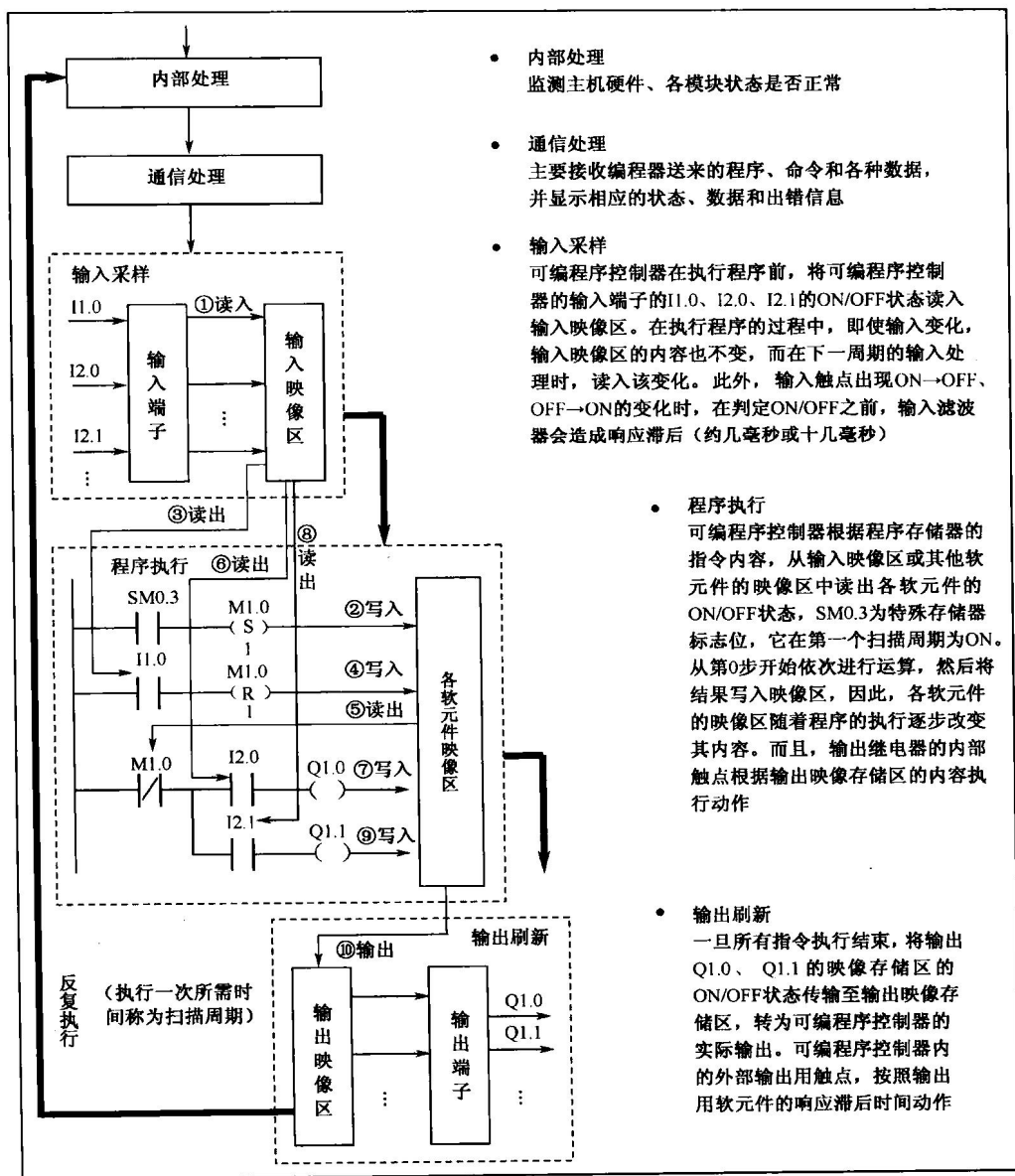


图 1-6 PLC 的循环扫描过程

(5) 输出刷新阶段：

当程序中所有指令执行完毕后，PLC 将输出状态寄存器中所有输出继电器的状态，依次

送到输出锁存电路,并通过一定输出方式输出,驱动外部负载,这就形成了 PLC 的实际输出。

在上述 5 个阶段中,内部处理阶段、通信处理阶段为 PLC 公共处理部分,与用户程序的执行无直接关联;输入采样阶段、程序执行阶段和输出刷新阶段是 PLC 执行用户程序的 3 个主要阶段,这 3 个阶段构成 PLC 一个工作周期,并循环执行,这就是 PLC 循环扫描工作方式的由来。由此可以总结出 PLC 在扫描过程中信号的处理规则。

2. PLC 的信号处理规则

(1) 输入映像区中的数据,取决于本扫描周期输入采样阶段所处的状态。在程序执行阶段和输出刷新阶段,输入映像区中的数据不会因为有了新的输入信号而发生改变。

(2) 输出映像区中的数据由程序中输出指令的执行结果决定。在输入采样阶段和输出刷新阶段,输出映像区的数据不会发生改变。

(3) 输出端子直接与外部负载连接,其状态由输出状态寄存器中的数据来确定。

3. 扫描周期和响应时间

PLC 在运行状态时,执行一次扫描操作(即 5 个阶段的工作过程)所需的时间称为扫描周期,它是 PLC 的重要指标之一,其典型值为 0.5~100 ms。

扫描周期 $T = (\text{输入一点时间} \times \text{输入端子数}) + (\text{指令执行速度} \times \text{指令条数}) + (\text{输出一点时间} \times \text{输出端子数}) + \text{故障诊断时间} + \text{通信时间}$

可见,扫描周期的长短主要取决于 CPU 执行指令的速度、执行每条指令占用的时间和程序中指令条数的多少。指令执行所需的时间与用户程序的长短、指令的种类和 CPU 执行速度有很大关系。一般来说,一个扫描过程中,故障诊断时间、通信时间、输入采样和输出刷新所占时间较少,执行指令的时间占了绝大部分。

PLC 的响应时间是指从 PLC 外部输入信号发生变化的时刻起至由它控制的有关外部输出信号发生变化的时刻之间的间隔,也称为滞后时间(通常滞后时间为几十毫秒)。它由输入电路的时间常数、输出电路的时间常数、用户语句的安排和指令的使用、PLC 的循环扫描方式及 PLC 对 I/O 的刷新方式等部分组成。这种现象称为 I/O 延迟响应或滞后现象。

由于 PLC 的这种周期循环扫描工作方式,决定了响应时间的长短与收到输入信号的时刻有关。响应时间可以分为最短响应时间和最长响应时间。

(1) 最短响应时间:

如果在一个扫描周期刚结束之前收到一个输入信号,在下一个扫描周期之前进入输入采样阶段,这个输入信号就被采样,使输入更新,这时响应时间最短,如图 1-7 所示。最短响应时间=输入延迟时间+一个扫描周期+输出延迟时间。

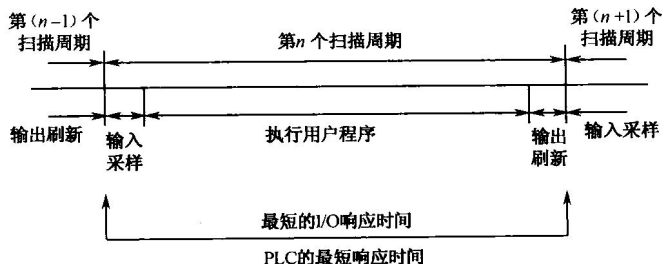
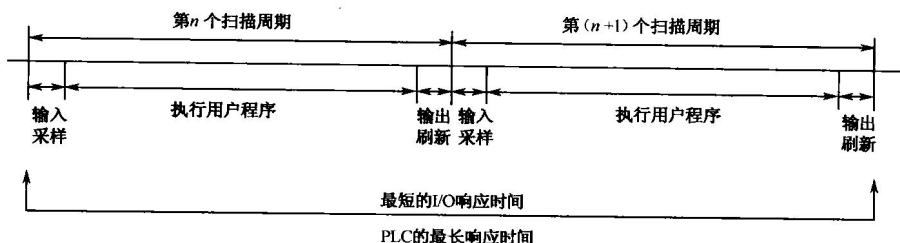


图 1-7 PLC 的最短响应时间

(2) 最长响应时间:

如果收到一个输入信号经输入延迟后,刚好错过 I/O 刷新的时间,在该扫描周期内这个输入信号无效,要到下一个扫描周期输入采样阶段才被读入,使输入更新,这时响应时间最长,如图 1-8 所示。最长响应时间=输入延迟时间+两个扫描周期+输出延迟时间。



由于 PLC 采用循环扫描的工作方式,即对信息串行处理方式,必定导致输入、输出延迟响应,产生滞后现象。对于一般工业控制要求,这种滞后现象是允许的。但是对那些要求响应时间小于扫描周期的控制系统或窄脉冲则不能满足。对于响应时间小于扫描周期的控制系统,可以使用智能 I/O 单元(如快速响应 I/O 模块)或专门的指令(如立即 I/O 指令);对于窄脉冲,可以通过设置脉冲捕捉功能,将输入信号的状态变化锁存并一直保持到下一个扫描周期的输入阶段,让 CPU 读到为止,这两种情况均通过与扫描周期脱离的方式来解决。

(3) 梯形图程序网络顺序影响响应时间:

用户梯形图程序网络的顺序也将影响响应时间。图 1-9 所示为梯形图中各元件状态的时序图。当输入信号在第一个扫描周期的程序执行阶段被激励,当输入信号到第二周期输入采样阶段才被读入,存入输入映像寄存器 I0.1,而后进入程序执行阶段。由于 I0.1=“1”,Q0.1 被激励为“1”,Q0.1=“1”的状态存入输出映像寄存器 Q0.1,同时位存储器 M2.1=“1”。最后进入输出刷新阶段,将输出映像寄存器 Q0.1=“1”的状态转存到输出锁存器,直至输出端子 Q0.1=“0”,这是 PLC 的实际输出。位存储器 M1.0 要到第三个周期才能被激励,这是由 PLC 执行程序时是按顺序扫描所致的。如果将 Network1、Network2 的位置对调一下,则位存储器 M1.0 在第二周期也能响应。可见用户梯形图程序网络顺序的安排影响了响应时间。

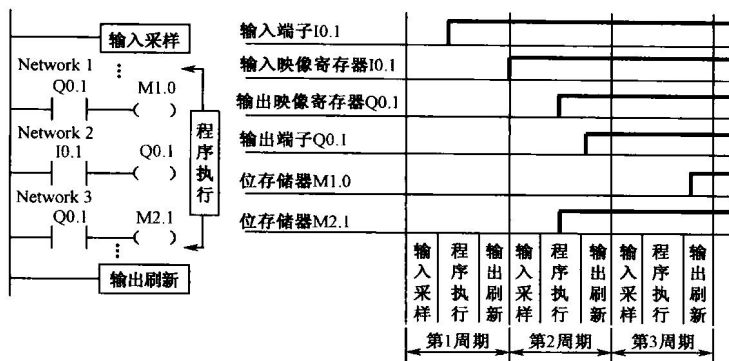


图 1-9 梯形图中各元件状态时序图

注:时序图是分析 PLC 程序执行过程中在时间轴上各元件电平高低的序列图,

时序图中高电平表示对应元件得电处于接通状态,低电平表示对应元件失电处于断开状态。

1.2 PLC 与继电器的比较

下面以工业控制中三相异步电动机的启/停控制为例,对继电器控制和 PLC 控制两种方式进行比较。

1.2.1 继电器控制

图 1-10 所示为三相异步电动机的继电器控制电路图,由主电路和控制电路组成,包括三相交流异步电动机 3M、交流接触器 KM、熔断器 FU、热继电器 FR 和按钮。其中,由输入设备 SB1、SB2、FR 的触点构成系统的输入部分,由输出设备 KM 构成系统的输出部分,各电器通过硬件连线组成控制逻辑。

启动时,合上刀开关 QS,接入三相电源。按下启动按钮 SB2,交流接触器 KM 的吸引线圈通电,接触器主触点闭合,电动机接通电源直接启动运转。同时与 SB2 并联的常开辅助触点 KM 闭合,这样当手松开,SB2 自动复位时,接触器 KM 的线圈仍可通过接触器 KM 的常开辅助触点继续通电,从而保持电动机的连续运行。这种依靠接触器自身辅助触点而使其线圈保持通电的现象称为自锁。起自锁作用的辅助触点则称为自锁触点。

按下停止按钮 SB1,控制电路断开,接触器 KM 线圈断电释放, KM 的常开主触点将三相电源切断,电动机 3M 停止旋转。当手松开按钮后, SB1 的常闭触点在复位弹簧的作用下,虽又恢复到原来的常闭状态,但接触器线圈已不再能依靠自锁触点通电了,因为原来闭合的自锁触点早已随着接触器线圈的断电而断开。

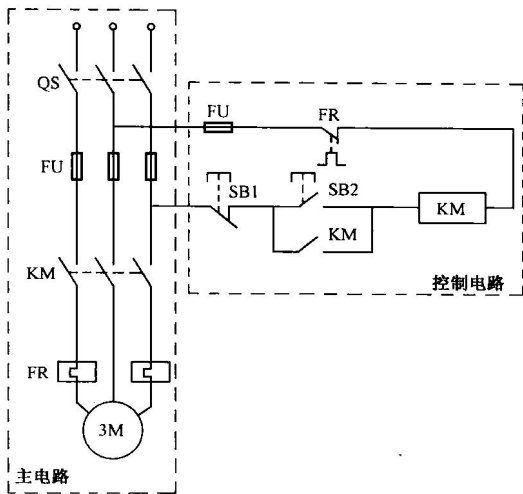


图 1-10 三相异步电动机的继电器控制电路图

1.2.2 PLC（可编程控制器）控制

如果用 PLC 控制这台三相异步电动机,组成一个 PLC 控制系统,则系统主电路不变,只要将输入设备 SB1、SB2 的触点与 PLC 的输入端连接,输出设备 KM 线圈与 PLC 的输出端连接即可。图 1-11 所示为 PLC 控制系统 I/O 端子接线图,系统的主电路与继电器控制的主电路相同。

利用 PLC,通过程序控制实现电动机的启—保—停。程序由计算机通过编程软件编写,梯形图程序如图 1-12 所示。在 PLC 的输入端,将启动按钮(常开)与 I0.0 输入端子相连接,停止按钮(常闭)与 I0.1 输入端子相连接,按钮 SB1、SB2 与 PLC 内部的软继电器 I0.1、I0.0 相对应;输出端子 Q0.0 接入控制电动机运行的接触器 KM, KM 与 PLC 内部的软继电器 Q0.0 对应。操作时,按下启动按钮,则输入点 I0.0 接通,图 1-12 所示的梯形图程序输出点 Q0.0 接通, KM 线圈得电,从而使电动机启动运行,松开启动按钮, I0.0 断电,但是通过 PLC 内部程序 Q0.0 触点自锁, Q0.0 继续保持接通, KM 线圈继续得电,电动机持续运行。当需要电动机停止时,按下停止按钮,输入点 I0.1 断电, PLC 内部程序解除自锁,输出点 Q0.0 断开,电动机停止运转。