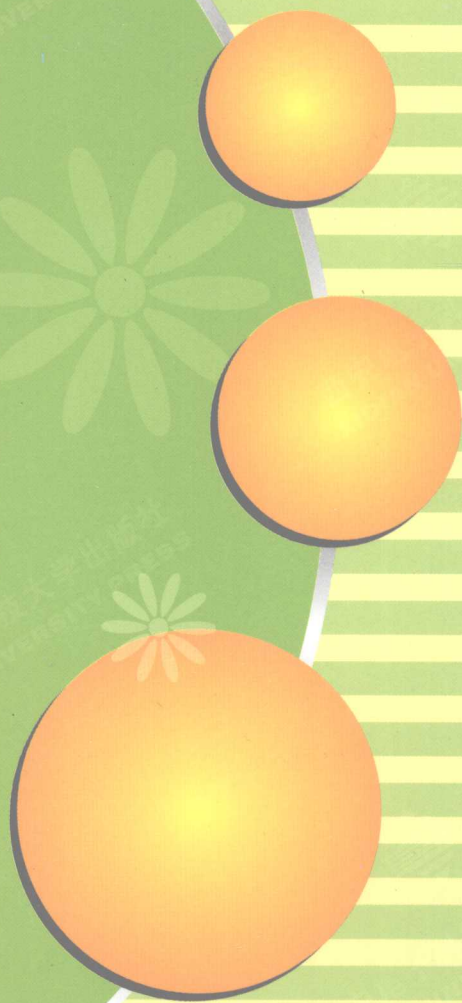


中等职业教育系列教材

可编程序控制器 应用技术

主编 徐益清
主审 臧华东



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

中等职业教育系列教材

可编程序控制器应用技术

主 编 徐益清

副主编 王 洵 邹维红

主 审 臧华东

西安电子科技大学出版社

2009

内 容 简 介

本书以三菱 PLC 为载体,以 PLC 改造设计的方法为主线,安排了四个项目,这四个项目分别以 T68 镗床、自动往返运料小车、机械手、交通信号灯的控制为改造设计的对象,穿插介绍了 PLC 的基本结构、硬件系统、基本指令系统以及部分应用指令,重点讲述了 PLC 的软硬件设计改造的方法与步骤,并在项目的后面设置了“巩固与提高”环节。这样安排的目的是使学生不仅能够系统地学习到相关理论知识,还能掌握一些可在生产实际中加以应用的技能,也为教师分层次教学提供帮助。

学生易学、教师好教、实用性强是本书的主要特点。

本书可作为中等职业技术学校电类和机电类专业及各类培训班教材,也可作为成人高校电类和机电类专业教材,还可作为岗前培训及有关工程技术人员自学和参考用书。

★本书配有电子教案,需要者可与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器应用技术 / 徐益清主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2009.2

(中等职业教育系列教材)

ISBN 978-7-5606-2160-9

I. 可… II. 徐… III. 可编程序控制器-专业学校-教材 IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 188465 号

策 划 陈 婷

责任编辑 许青青 陈 婷

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印 刷 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2009 年 2 月第 1 版 2009 年 2 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 8.375

字 数 192 千字

印 数 1~4000 册

定 价 12.00 元

ISBN 978-7-5606-2160-9 / TP·1103

XDUP 2452001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

中等职业教育系列教材

编审专家委员会名单

主任：彭志斌（广东省佛山市顺德区陈村职业技术学校校长 中学高级教师）

副主任：徐益清（江苏省惠山职业教育中心校教务主任 高讲）

孙 华（张家港职业教育中心校机电工程部主任 中学高级教师）

计算机、电子组 组长：徐益清(兼)（成员按姓氏笔画排列）

王霁虹（深圳龙岗职业技术学校教务副主任 高级工程师）

王新荣（杭州市萧山区第三中等职业学校计算机教研组长 中学高级教师）

甘里朝（广州市无线电中等专业学校计算机科副主任 讲师）

江国尧（苏州工业职业技术学院苏高工校区 中学高级教师）

吕小华（深圳华强职业技术学校计算机教研组长 中学高级教师）

毕明聪（南京市江宁职业教育中心校教务处主任 中学高级教师）

严加强（杭州市电子信息职业学校电子教研组长 高级教师）

陈 栋（广东省佛山市顺德区陈村职业技术学校实训处主任 中学高级教师）

徐伟刚（江苏省苏州职业教育中心校专业办主任 工程师）

机电组 组长：孙 华(兼)（成员按姓氏笔画排列）

王明哲（陕西国防工业职业技术学院机电系主任 副教授）

冯彦炜（陕西省机电工程学校机电专业科科长 讲师）

张 俊（西安航空职业技术学院机械系主任助理 讲师）

杨荣昌（陕西省机电工程学校科长 高级讲师）

周兴龙（南京市江宁职业教育中心校机电专业办主任 中学高级教师）

前 言

本书是参照中等职业学校重点建设专业教学指导方案中的 PLC 控制技术教学基本要求,结合时下 PLC 控制在工业生产各领域迅速拓展应用的现状而编写的。

本书注重中等职业教育的特点,强调通俗易懂,以项目式教学的方式展开,以实例引入,以应用为主,编写的指导思想是理论结合实际,突出学生工程应用能力的训练和培养,便于组织教学和实践。本书在编写过程中力求学以致用,注意新知识、新技术的引进,并融入到各个项目之中,以拓宽学生的知识面,力求跟上科技发展的潮流。另外,目录中标“*”的内容为选学部分。

为方便教学,本书配套的电子教案可免费提供给教材使用者。如有需要,请发电子邮件至 jiaowuke1@sina.com。

参加本书编写工作的有徐益清、王洵、邹维红、俞红等。徐益清负责本书的统稿和定稿工作,并任主编,王洵、邹维红任副主编。臧华东主审了本书,并提出了宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

编 者
2008 年 11 日

目 录

绪论	1
小结	11
习题与思考	12
项目一 常见继电器控制电路的 PLC 改造——电路“翻译”法	13
模块 1 三相异步交流电动机的点动和连续控制	13
1.1.1 点动和连续控制电路	13
1.1.2 用 PLC 实现点动和连续控制	14
【相关知识 1】 PLC 输入/输出接口的原理介绍	14
【相关知识 2】 可编程序控制器中的软继电器	16
【相关知识 3】 PLC 的梯形图和相关指令介绍	21
模块 2 三相异步交流电动机的典型电路控制	27
1.2.1 继电器接触式三相异步交流电动机正反转电路控制	27
【相关知识 4】 PLC 的相关指令介绍	29
1.2.2 三相异步电动机的星形/三角形降压启动控制	34
【相关知识 5】 PLC 的基本指令	35
【拓展知识 1】 FX2 系列可编程序控制器的技术指标	39
*模块 3 T68 镗床的 PLC 改造	42
1.3.1 T68 镗床控制电路	42
1.3.2 用 PLC 实现 T68 镗床电路的控制	47
【相关知识 6】 PLC 的相关指令介绍	48
1.3.3 用户程序的编辑、调试和监控	54
1.3.4 继电器控制系统与 PLC 控制系统特点比较	56
小结	59
习题与思考	60
项目二 自动往返运料小车的 PLC 控制——经验设计法	63
2.1 项目任务	63
2.2 项目分析与实施	64
【相关知识 7】 PLC 的梯形图和相关指令介绍	69
小结	73
巩固与提高	74

【拓展知识 2】 PLC 应用中需注意的若干问题	77
习题与思考	81
项目三 机械手的 PLC 控制——单序列状态转移图设计法	82
3.1 项目任务	82
3.2 项目分析与实施	84
【相关知识 8】 状态转移图法和相关指令介绍	85
小结	102
巩固与提高	103
习题与思考	105
项目四 交通信号灯的 PLC 控制——多序列状态转移图设计法	106
4.1 项目任务	106
4.2 项目分析与实施	107
【相关知识 9】 相关指令和并行序列介绍	108
小结	117
巩固与提高	118
习题与思考	119
附录 三菱 FX 系列 PLC 功能指令一览表	121
参考文献	126

绪 论

学习目标:

本部分从工程应用的角度出发,重点介绍可编程序控制器(Programmable Controller)的定义、应用场合、基本组成和作用以及可编程序控制器的工作原理、特点及发展趋势。通过本部分的学习,学生能够了解可编程序控制器的应用,熟悉可编程序控制器的基本组成、作用和特点,掌握可编程序控制器的工作原理,为熟练应用可编程序控制器奠定理论基础。

教学提示:

为全面掌握可编程序控制器的设计方法奠定基础,教学中应有侧重地介绍可编程序控制器的发展史、定义及应用场合,阐述可编程序控制器的基本组成、作用和工作原理,概括可编程序控制器的特点及发展趋势,尽可能地结合后续内容及可编程序控制器的应用实际展开教学,以便于学生理解。

1969年,美国DEC(Digital Equipment Corporation)公司研制成功了世界上第一台可编程序控制器。从20世纪70年代初开始,在三十多年的时间里,可编程序控制器的生产发展成了一个巨大的产业。据不完全统计,现在世界上生产可编程序控制器及其网络的厂家有200多家,可生产400多个品种的可编程序控制器产品。其中,在美国注册的厂家超过100家,生产大约200个品种;日本有60~70家,也生产200多个品种的可编程序控制器产品;在欧洲各国注册的也有几十家,生产几十个品种的可编程序控制器产品。可编程序控制器产品的产量、销量及用量在所有的工业控制装置中居首位,市场对其的需求仍在稳步上升。图0-1列举了几种常见的可编程逻辑控制器产品的外形结构图。

1. 可编程序控制器的定义及应用场合

可编程序控制器通常简称为可编程控制器,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发展起来的一种通用的工业自动控制装置。它具有体积小、功能强、程序设计简单、灵活通用、维护方便等一系列优点,特别是它的高可靠性和较强的适应恶劣工业环境的能力,更是得到了用户的好评。它还不断地吸收新型微型计算机技术使其功能得到不断增强,逐渐适应复杂的控制任务。目前世界上有400多个品种的PLC产品,被广泛应用在汽车、粮食加工、化学/制药、金属/矿山、纸浆/造纸等行业。

可编程序控制器作为计算机家族中的一员,是专为工业控制应用而设计制造的。早期的可编程序控制器称做可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller),简称PLC,它主要用来代替继电器实现逻辑控制。随着科技的发展,这种装置的功能已经大大超过了逻辑控制的范围,因此,今天这种装置称做可编程序控制器,简称PC。但是为了避免与个人计算机(Personal Computer)的简称PC混淆,所以仍将可编程序控制器简称为PLC。

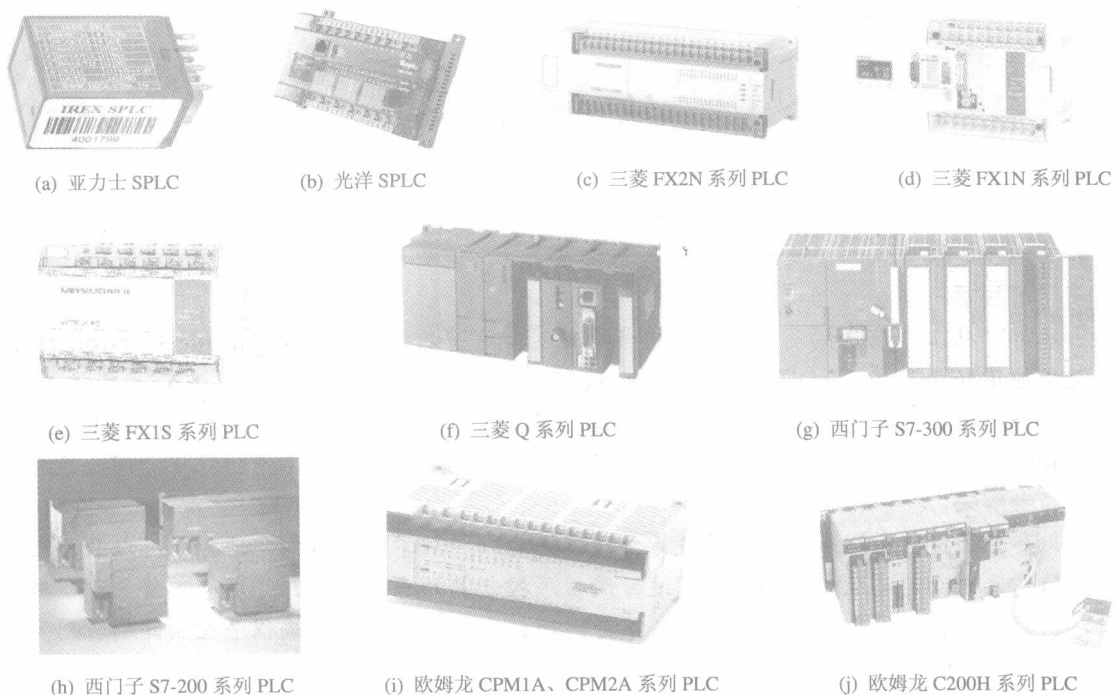


图 0-1 常见可编程逻辑控制器的外形结构图

PLC 是一种可进行数字运算与控制操作的电子系统，是专为工业环境下的应用而设计的工业计算机；它采用了可程序的存储器，用来在其内部存储程序，执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术操作等面向用户的指令；通过数字式或模拟式输入/输出控制各种类型的机械或生产过程。PLC 是按易于与工业控制系统连成一个整体，易于扩充其功能的原则设计，以微处理器为核心的通用自动控制装置，这是 IEC(国际电工委员会)1987 年 2 月对 PLC 给出的定义。

PLC 的应用类型大致分为以下几种。

(1) 开关量顺序、逻辑控制：即代替继电器-接触器控制系统，如冶金行业中的高炉上料系统，轧钢机、连铸机、飞剪等的控制系统，机械工业中各种自动生产线、自动加工机床、机械手、龙门铣床等的控制，轻工业中注塑机、包装机、食品机械的控制以及日常生活中电梯的控制等，化工行业中的各种泵、电磁阀的控制等。

(2) 模拟量控制：各种生产过程的自动控制中对温度、压力、流量等连续变化的模拟量进行的监测、调节控制。

(3) 数据采集、分析和处理：自动控制系统中要求具有数据采集、算术运算、函数运算、逻辑运算、数据传送、数据转换、数据排序、数据查表及位操作等功能。

(4) 定时控制：为满足生产控制工艺对时间的要求，PLC 一般提供时间继电器，计时时间常数由用户在编写程序时自己设定，可实现接通延时、关断延时和定时脉冲等控制功能，并且计时时间常数在 PLC 运行中也可以读出、修改，使用方便。

(5) 计数控制：为满足计数的需要，不同的 PLC 提供不同数量、不同类型的计数器。用脉冲控制可以实现加、减计数模式，可以连接码盘进行位置检测，且计数值在 PLC 运行

中也可以读出、修改,使用方便。

(6) 步进顺序控制:步进顺序控制是 PLC 最基本的控制方式。其控制指令是按时间或运行顺序专门设置的指令,在前道工序完成之后,就转入下一道工序,使一台 PLC 作为多部步进控制器使用。

(7) 对控制系统的监控:PLC 具有较强的监控能力,操作人员可以根据 PLC 的监控信息,通过监控命令监视系统的运行状态。

(8) 通信和联网:现代 PLC 大多数都采用了通信、网络技术,有 RS232 或 RS485 接口,可进行远程 I/O 控制,多台 PLC 可彼此间联网、通信,外部器件与一台或多台可编程序控制器的信号处理单元之间可实现程序和数据交换,如程序转移、数据文档转移、监视和诊断。通信接口或通信处理器按标准的硬件接口或专有的通信协议完成程序 and 数据的转移。在系统构成时,可由一台计算机与多台 PLC 构成“集中管理、分散控制”的分布式控制网络,以便完成较大规模的复杂控制。

(9) 输入/输出接口调节功能:通过具有 A/D、D/A 转换功能的 I/O 模块完成对模拟量的控制和调节,位数和精度可以根据用户要求选择,并具有温度测量接口,可直接连接各种电阻或电偶。

(10) 人机界面功能:提供操作者用以监视机器、过程工作必需的信息。允许操作者和 PLC 系统与其应用程序相互作用,以便作出决策和调整。实现人机界面的功能一般体现在:单机的 CRT 显示与键盘操作、专用处理器、个人计算机、工业计算机进行分散和集中操作与监控。

(11) 运动控制:PLC 可用于直线运动或圆周运动的控制。早期直接用开关量 I/O 模块连接位置传感器和执行机械,现在一般使用专用的运动模块。目前,制造商已提供了拖步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模块,即把描述目标位置的数据送给模块,模块移动一轴或多轴到目标位置。当每个轴运动时,位置控制模块保持适当的速度和加速度,确保运动平滑。运动的程序可用 PLC 的语言完成,通过编程器输入。

PLC 是集自动控制技术、计算机技术和通信技术于一体的一种新型工业控制装置,在工业自动化三大技术支柱(PLC、机器人和 CAD/CAM)中占据主导地位。在可预见的将来,它的地位是无法取代的。

2. PLC 的基本组成及作用

可编程控制器实质上是一种工业计算机,只不过它比一般的计算机具有更强的与工业过程相连接的接口和更直接的适应于控制要求的编程语言,故它与计算机的组成十分相似,也是由硬件及软件组成的。

PLC 的硬件包括一台中央处理单元(CPU)、CPU 外围配置的存储器(ROM/RAM)、输入/输出(I/O)单元、电源、外设接口和 I/O 扩展口等。图 0-2 所示的虚线框内为 PLC 硬件组成结构图。

CPU 的作用是对控制对象进行有序控制,其工作分为两部分:第一是对系统进行管理,如自诊断电源,内部电路各种错误的检查与纠正,内部信息的传送、计数、运算、刷新等;第二是检测现场输入(用扫描方式接收数据)、对用户程序进行程序解释执行、输出操作等。不同型号可编程控制器的 CPU 芯片是不同的,有的采用通用 CPU 芯片,如 8031、8051、

8086、80826 等，也有的采用厂家自行设计的专用 CPU 芯片(如西门子公司的 S7-200 系列可编程控制器均采用其自行研制的专用芯片)。CPU 芯片的性能关系到可编程控制器处理控制信号的能力与速度，CPU 的位数越高，系统处理的信息量就越大，运算速度也越快。随着 CPU 芯片技术的不断发展，可编程控制器所用的 CPU 芯片也越来越高档。

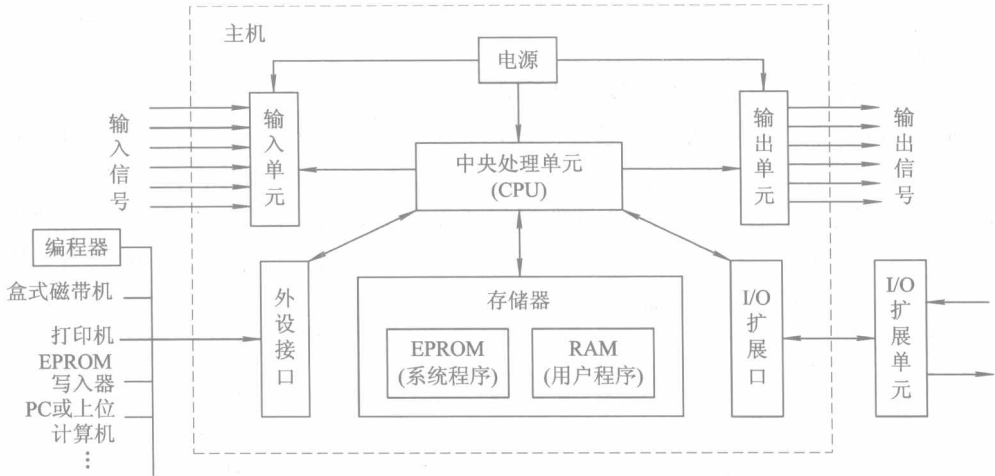


图 0-2 PLC 硬件组成结构图

存储器包括系统程序存储器、用户程序存储器及工作数据存储器。系统程序存储器用来存放由可编程控制器生产厂家编写的系统程序，并固化在 ROM 内，用户不能直接更改。它使可编程控制器具有基本的智能，能够完成可编程控制器设计者规定的各项工作。用户程序存储器用来存放用户针对具体控制任务，用规定的可编程控制器编程语言编写的各种用户程序。用户程序存储器根据所选用的存储器单元类型的不同，可以是 RAM(采用锂电池进行掉电保护)、EPROM 或 EEPROM 存储器，其内容可以由用户任意修改或增删。目前较先进的可编程控制器采用可随时读/写的快闪存储器作为用户程序存储器。快闪存储器不需后备电池，掉电时数据也不会丢失。工作数据存储器用来存储工作数据，即用户程序中使用的 ON/OFF 状态、数值数据等。在工作数据区中开辟有元件映像寄存器和数据表。其中，元件映像寄存器用来存储开关量/输出状态以及定时器、计数器、辅助继电器等内部器件的 ON/OFF 状态；数据表用来存放各种数据，它存储用户程序执行时的某些可变参数值及 A/D 转换得到的数字量和数学运算的结果等。在可编程控制器断电时能保持数据的存储器区称为数据保持区。

输入/输出(I/O)单元是 PLC 与被控对象间传递输入/输出信号的接口部件。输入部件是开关、按钮、传感器等。输出部件是电磁阀、接触器、继电器等。扩展接口用于将扩展单元与基本单元相连，使 PLC 的配置更加灵活。

编程器的作用是供用户进行程序的编制、编辑、调试和监视。编程器有简易型和智能型两类。简易型的编程器只能联机编程，且往往需要将梯形图转化为机器语言助记符(指令表)后才能输入。它一般由简易键盘和发光二极管或其他显示器件组成。智能型的编程器又称图形编程器。它可以联机，也可以脱机编程，具有 LCD 或 CRT 图形显示功能，可以直接输入梯形图和通过屏幕对话，也可以利用微机作为编程器。这时微机应配有相应的编程软件包，若要直接与可编程控制器通信，则还要配有相应的通信电缆。

PLC 的电源在整个系统中起着十分重要的作用。电源一方面可为 CPU 板、I/O 板及扩展单元提供工作电源(5 V DC), 另一方面也可为外部输入元件提供工作电源(24 V DC, 200 mA)。如果没有一个好的、可靠的电源, 那么系统是无法正常工作的, 因此 PLC 的制造商对电源的设计和制造也十分重视。一般交流电压波动在 10%~15% 范围内, 可以不采取其他措施而将 PLC 直接连接到交流电网上。

在软件方面, 可编程序控制器与一般的计算机类似, 有系统软件和应用软件之分, 只是可编程序控制器的系统软件由可编程序控制器生产厂家固化在 ROM 中, 一般的用户只能进行应用软件的操作, 即通过编程软件来编制用户程序。编程软件是由可编程序控制器生产厂家提供的编程语言, 迄今为止还没有一种能适合各种可编程序控制器的通用的编程语言, 但是各个可编程序控制器的发展过程有类似之处, 可编程序控制器的编程语言即编程工具大体差不多, 一般有如下五种表达方式。

1) 梯形图(Ladder Diagram, LD)

梯形图是一种以图形符号及图形符号在图中的相互关系表示控制关系的图形语言, 它是从继电器控制电路图演变而来的。梯形图将继电器控制电路图进行简化, 同时加进了许多功能强大、使用灵活的指令, 将微机的特点结合进去, 使编程更加容易, 而其实现的功能却大大超过了传统继电器控制电路图, 是目前使用最普遍的一种可编程序控制器编程语言。

2) 指令表(Instruction List, IL)

梯形图编程语言的优点是直观、简便, 但要求用带 CRT 屏幕显示的图形编程器才能输入图形符号, 小型的编程器一般无法满足要求。因此, 为了适应各种工作环境的需要, 也经常采用经济便携的编程器(指令编程器)将程序输入到可编程序控制器中, 这种编程方法使用指令语句(助记符语言), 它类似于微机中的汇编语言。

指令表是若干条语句的集合。语句是指令表编程语言的基本单元, 每个控制功能由一个或多个语句组成的程序来执行。每条语句规定可编程控制器中 CPU 如何动作的指令, 该指令是由操作码和操作数组成的。操作码用助记符表示要执行的功能, 操作数(参数)表明操作的地址或一个预先设定的值。例如“LD X0”指令中, LD 为操作码, X0 为操作数。

3) 顺序功能图(Sequential Function Chart, SFC)

顺序功能图常用来编制顺序控制类程序。它包含步、动作、转换三个要素。顺序功能编程法是将一个复杂的控制过程分解为一些小的顺序控制要求, 连接组合成完整的控制程序。顺序功能图法体现了一种编程思想, 在程序的编制中具有很重要的意义。在项目三、项目四中将详细介绍由步进指令控制的顺序功能图编程法, 即状态转移图设计法。图 0-3 所示为顺序功能图。

4) 功能块图(Function Block Diagram, FBD)

功能块图编程语言实际上是用逻辑功能符号组成的功能块来表达命令的图形语言, 与数字电路中的逻辑图一样, 它极易表现条件与结果之间的逻辑功能。图 0-4 所示为先“与”、“或非”, 后“与”输出操作的功能块图。由图 0-4 可见, 这种编程方法根据信息流将各种功能块加以组合, 是一种逐步发展起来的新式编程语言, 正在受到各种可编程序控制器厂家的重视。

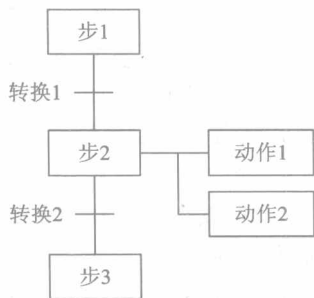


图 0-3 顺序功能图

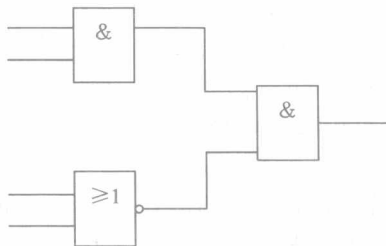


图 0-4 功能块图编程语言图

5) 结构文本 (Structure Text, ST)

随着可编程序控制器的飞速发展，如果许多高级功能还是用梯形图来表示，则会很不方便。为了增强可编程序控制器的数字运算、数据处理、图表显示、报表打印等功能，方便用户的使用，许多大中型可编程序控制器都配备了 PASCAL、BASIC、C 等高级编程语言，这种编程方式叫做结构文本。与梯形图相比，结构文本有两大优点：其一，能实现复杂的数学运算；其二，非常简洁和紧凑，用结构文本编制极其复杂的数学运算程序只需占一页纸。结构文本用来编制逻辑运算程序也很容易，它是将来发展的一个方向。

以上编程语言的五种表达方式是由国际电工委员会(IEC)于 1994 年 5 月在可编程序控制器标准中推荐的。前两种语言可以通过软件相互转换。顺序功能图(SFC)、梯形图(LD)和功能块图(FBD)是图形编程语言，指令表(IL)和结构文本(ST)是文字语言。对于一款具体的可编程序控制器，生产厂家可提供这五种表达方式中的某几种编程语言供用户选择。也就是说，并不是所有的可编程序控制器都支持全部的五种编程语言。目前，经常以梯形图编程语言和指令表编程语言两种形式来表示，尤其以梯形图为多。

3. PLC 的工作原理

大家知道，继电器-接触器控制系统是一种由一个个分立的电器元件通过连线构成的“硬件逻辑系统”。以图 0-5 为例，它的支路是并行工作的，当按下按钮 SB1，接触器 KM1 得电、KM1 的自锁触点闭合时，时间继电器 KT 的线圈也得电，所以我们说继电器控制系统是一种并行工作方式(所有相关支路同时得电，同时失电)。

可编程序控制器是一种工业控制计算机，因此，它的工作原理是建立在计算机工作原理基础上的，即它是通过执行用户程序来实现控制要求的。因为计算机在每一瞬间只能做一件事，所以与继电器控制系统的并行工作方式不同，工作时按程序顺序依次完成相应各电器的动作。虽然 CPU 的运算速度极高，各执行电器的动作几乎是同时完成的，但它却是时间上的串行工作方式，实际的输入/输出的响应是有先后顺序

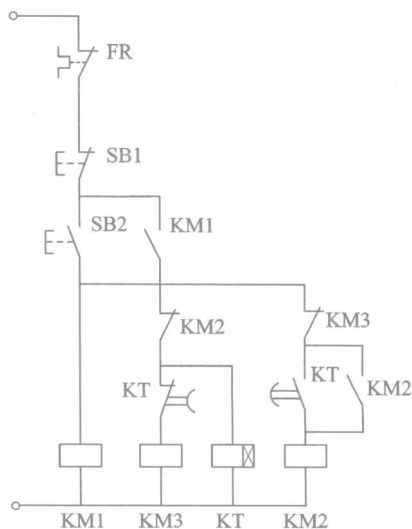


图 0-5 继电器-接触器控制系统简图

的。概括而言，PLC 的工作方式是一个不断循环的顺序扫描工作方式。每一次扫描所用的时间称为扫描周期或工作周期。CPU 从读取第一条指令开始，按顺序逐条地执行用户程序直到用户程序结束，然后返回第一条指令开始新一轮扫描。PLC 在系统软件的控制下，顺次扫描各输入点的状态，按用户程序进行运算处理，然后顺序向输出点发出相应的控制信号。PLC 的这种“串行”工作方式避免了继电器-接触器控制因触点竞争和时序失配而容易造成逻辑控制混乱的问题。

用 PLC 实现控制功能的接线示意图如图 0-6 所示。

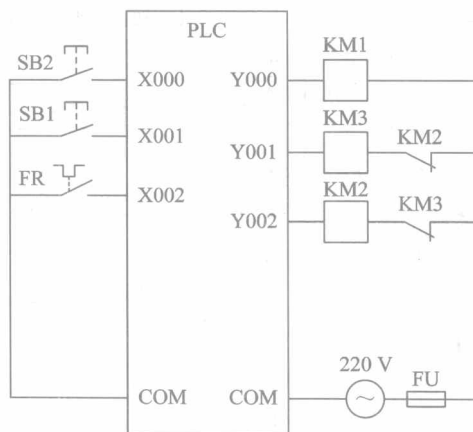


图 0-6 用 PLC 实现控制功能的接线示意图

执行用户程序时，需要各种现场信息，这些现场信息应接到 PLC 的输入端口。PLC 采集现场信息(即采集输入信号)有两种方式。第一种是采样输入方式。一般在扫描周期的开始或结束，将所有输入信号(输入元件的通/断状态)采集并存放到输入映像寄存器(PII)中。执行用户程序所需的输入状态均在输入映像寄存器中取用，而不直接到输入端或输入模块去取用。第二种是立即输入方式。随着程序的执行，需要哪一个输入信号就直接从输入端或输入模块中取用这个输入状态，如“立即输入指令”就是这样，此时输入映像寄存器的内容不变，到下一次集中采样输入时才变化。

同样，PLC 对外部的输出控制也有集中输出和立即输出两种方式。集中输出方式在执行用户程序时不是得到一个输出结果就向外输出一个，而是把执行用户程序所得的所有输出结果全部存放在输出映像寄存器(PIQ)中，执行完用户程序后所有输出结果一次性向输出端口或输出模块输出，使输出设备部件动作。立即输出方式是在执行用户程序时将该输出结果立即向输出端口或输出模块输出，如“立即输出指令”就是这样，此时输出映像寄存器的内容也更新。

PLC 对输入/输出信号的传送还有其他方式。例如，有的 PLC 采用输入/输出刷新指令，在需要的地方设置这类指令，可对此电源 ON 的全部或部分输入点信号读入上电一次，以刷新输入映像寄存器内容，也可将此时的输出结果立即向输出端口或输出模块输出。又如，有的 PLC 上有输入/输出的禁止功能，实际上是关闭了输入/输出传送服务，这意味着此时的输入信号不读入，输出信号也不输出。

PLC 工作的全过程可用图 0-7 所示的运行框图来表示。

可编程序控制器的整个运行过程可分为三部分：

第一部分是上电处理。可编程序控制器上电后对 PLC 系统进行一次初始化工作，包括硬件初始化、I/O 模块配置运行方式检查、停电保持范围设定及其他初始化处理等。

第二部分是扫描过程。可编程序控制器上电处理完成以后进入扫描过程。先完成输入处理，其次完成与其他外设的通信处理，再次进行时钟、特殊寄存器更新。当 CPU 处于 STOP 方式时，转入执行自诊断检查。当 CPU 处于 RUN 方式时，还要完成用户程序的执行和输出处理，再转入执行自诊断检查。

第三部分是出错处理。PLC 每扫描一次，执行一次自诊断检查，确定 PLC 自身的动作是否正常，如 CPU、电池电压、程序存储器、I/O、通信等是否异常或出错，若检查出异常时，则在特殊寄存器中会存入出错代码。当出现致命错误时，CPU 被强制为 STOP 方式，所有的扫描停止。PLC 运行正常时，扫描周期的长短与 CPU 的运算速度、I/O 点的情况、用户应用程序的长短及编程情况等均有关。通常用 PLC 执行 1 K 指令所需的时间来说明其扫描速度(一般为 1~10 ms/K)。

值得注意的是，不同指令其执行时间是不一样的，从零点几微秒到上百微秒不等，故选用不同指令所用的扫描时间将会不同。若用于对扫描周期要求较高的高速系统，则可从软硬件上综合考虑。

当 PLC 处于正常运行时，它将不断重复图中的扫描过程，不断循环扫描。分析上述扫描过程，如果我们对远程 I/O 特殊模块和其他通信服务暂不考虑，则扫描过程就只剩下“输入采样”、“程序执行”、“输出刷新”三个阶段了。下面就对这三个阶段进行详细的分析，如图 0-8 所示(此处 I/O 采用集中输入、集中输出方式)。

(1) 输入采样阶段。PLC 在输入采样阶段首先扫描所有输入端子，并将各输入状态存入内存中各对应的输入映像寄存器中。此时，输入映像寄存器被刷新。接着，进入程序执行阶段，在程序执行阶段和输出刷新阶段，输入映像寄存器与外界隔离，无论输入信号如何

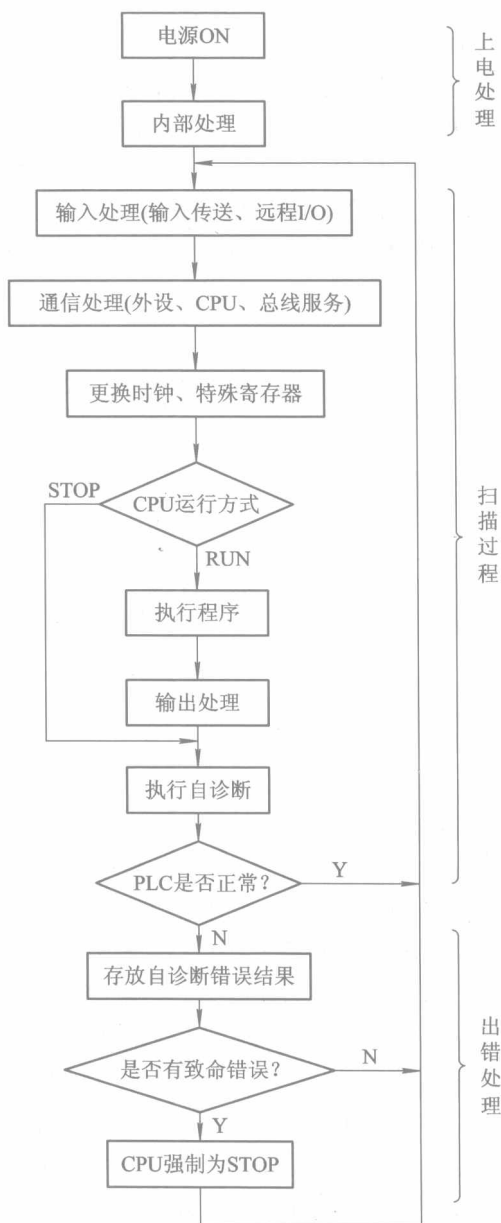


图 0-7 可编程控制器运行框图

变化，其内容保持不变，直到下一个扫描周期的输入采样阶段，才重新写入输入端的新内容。

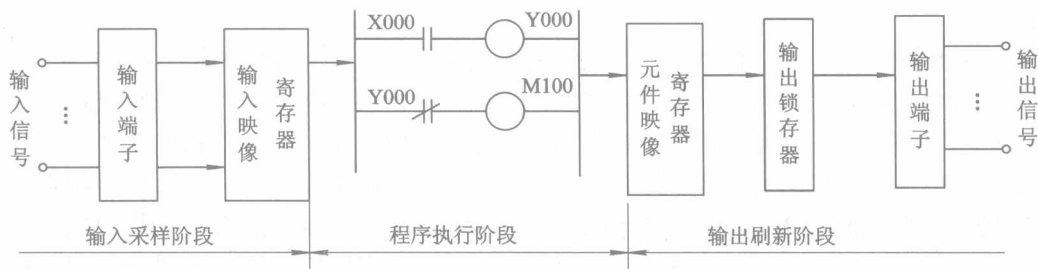


图 0-8 PLC 扫描工作过程

(2) 程序执行阶段。根据 PLC 梯形图程序扫描原则，PLC 按先左后右、先上后下的步序语句逐句扫描。当遇到程序跳转指令时，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 就从输入映像寄存器“读入”上一阶段存入的对应输入端子状态，从元件映像寄存器“读入”对应元件的当前状态。然后，进行相应的运算，运算结果再存入元件映像寄存器中。对元件映像寄存器来说，每一个元件的状态会随着程序执行过程而变化。

(3) 输出刷新阶段。在所有指令执行完毕后，元件映像寄存器中所有输出继电器的状态(接通/断开)在输出刷新阶段转存到输出锁存器中，通过一定的方式输出，驱动外部负载。

注意以下几点：

(1) 根据以上所述，外部信号的输入总是通过 PLC 以循环扫描的方式执行操作的，这就不可避免地带来了“逻辑滞后”。其输入/输出信号间在逻辑关系上就存在着原理上的滞后现象。扫描周期越长，其滞后现象越严重。

PLC 扫描周期一般只有几十毫秒或更短，两次采样之间的时间很短，即输入信号一启动就能立即进入输入状态存储器。同样，对于变化较慢的控制过程来说，也可以认为输出信号是及时的。但对控制时间要求较严格、响应速度要求较快的系统，就必须考虑滞后现象所引起的响应延迟等不良影响。

(2) 扫描周期除了包括执行用户程序所占用的时间外，还包括系统管理操作所占用的时间。如果考虑到 I/O 硬件电路的延时，则 PLC 的响应滞后将比扫描滞后更大。输入/输出响应滞后不仅与扫描方式和硬件电路的延时有关，还与程序设计中指令的安排有关。为了缩短扫描周期以提高响应速度，可采用分时、分批的程序设计方法。

PLC 最基本的工作方式是循环扫描的方式，就是在具有快速处理的高性能 PLC 中，其主程序是以循环扫描方式被执行的，所以，本部分所述的这些问题是学习和掌握 PLC 及其应用的关键问题，应该加以重视。

4. PLC 的特点

(1) 可靠性高。PLC 的可靠性极高，它是专门为工业控制设计的，在设计和制造过程中采取了多层次抗干扰、精选元件的措施，可在恶劣的工业环境下与强电设备一起工作，运行的稳定性和可靠性较高。PLC 是以集成电路为基本单元的电子设备，内部处理不依赖于接点，元件的寿命长。平均无故障运行时间大大超过 IEC(国际电工技术委员会)规定的 10

万小时,如日本的三菱 FX 系列 PLC 可连续运行 30 多年不出故障。PLC 均有完善的自诊断功能,判断故障迅速,便于维护,且有光电隔离、屏蔽、滤波功能,现场抗干扰能力很强。

(2) 编程方便,易于使用。在软件方面,PLC 适用于针对工业控制的梯形图、功能块图、指令表和顺序功能表图编程,不需要太多的计算机编程知识。电气人员在了解 PLC 工作原理和它的编程技术后,就可迅速地结合实际需要进行应用设计,进而将 PLC 用于实际控制系统中。新的编程工作站配有综合的软件工具包,可在任何兼容的个人计算机上编程。

在硬件方面,使用 PLC,无论接线还是配置都很方便,一般只用螺丝刀即可完成全部接线工作。通常,PLC 系统的控制程序经实验室编程、模拟调试好后,在现场很快就能安装调试成功。随着微处理器的应用,PLC 的运行速度增快,因而更符合处理高速度复杂的控制任务,它与微型计算机之间的差别不是很明显。可编程序控制器是系列化产品,通常采用模块结构来完成不同的任务组合。I/O 从 8 点到 8192 点,有多种机型,多种功能模块可灵活组合,结构形式也是多样的。PLC 应用微电子技术和微计算机,一般都具有逻辑、定时、计数等顺序控制功能,有的还加上了模拟 I/O、基本算术运算、通信能力等。复杂形式除了具有以上功能外,还具有扩展的计算能力、多级终端机制、智能 I/O、PID 调节、过程监视、网络通信能力、远程 I/O、多处理器和高速数据处理能力等。

(3) 对环境要求低。PLC 安装不需要特殊机房和严格的屏蔽。使用时只要各种器件连接无误,系统便可工作,各个模块上设有运行和故障指示装置,便于查找故障,大多数模块可以带电插拔,模块可更换,使用户可以在最短的时间内查出故障并排除,最大限度地压缩故障停机时间,使生产迅速恢复,然后对故障模块进行修复,这对大规模生产场合尤为适宜。

PLC 能在温度、湿度变化较大的范围内正常工作;其抗振动、抗冲击的性能好;对电源电压的稳定性要求较低;抗电磁干扰能力强,适用于恶劣的工作环境。一些 PLC 外壳由可在不良工作环境下工作的合金组成,结构简单,上面带有散热槽,在高温下,该外壳不像塑料制品那样变形,还可抗无线电频率(RF 高频)电磁干扰、防火等。

(4) 与其他装置、配置连接方便。PLC 的接口原则是使外部接线、电平转换尽量少。

(5) PLC 的输入量可以是模拟量、数字量;输出驱动外部电路有继电器、晶闸管(SSR)、晶体管等几种不同形式,可直接接各种不同类型的负载。在数据通信方面,只需用同轴电缆和普通的 RS232 或 RS422 接口即可,用户无需担心数据通信方面的技术问题。

(6) 经济合算。PLC 虽然首次投资较大,但体积小,辅助设施少,工作可靠,省电,停工损失少,维修费用低,附加值高。

5. PLC 的发展趋势

在一个或若干个 PLC 与 PC 机的互联系统中,PC 机可以起到编程器及人机界面操作站的作用,作为 20 世纪 90 年代以来的一种潮流,这种思想为系统集成带来了商机,同时编程软件和人机界面软件(监控软件或称组态软件)及软件接口(或称驱动软件)也得到了快速发展。

近年来,由于机械工业网络化的发展,各 PLC 的厂家在原来 CPU 模板上提供物理层 RS232/422/485 接口的基础上,逐渐增加了各种通信接口,而且提供完整的通信网络,使数