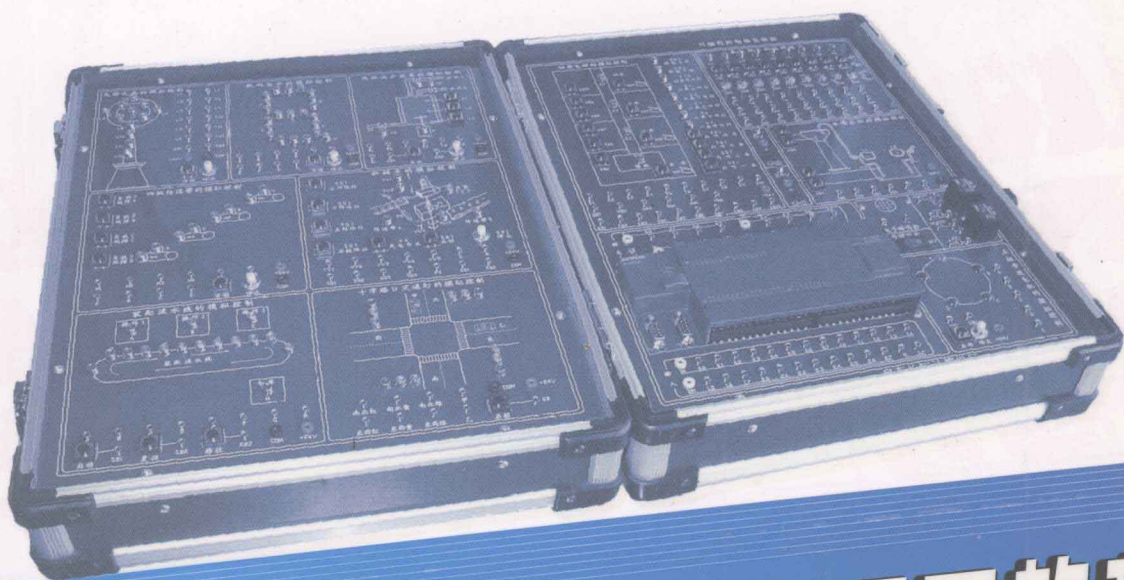


21世纪全国高职高专电子信息系列技能型规划教材



可编程控制器应用技术项目教程 (西门子)

主 编 崔维群 吴 全 方 静
副主编 申加亮
主 审 张水利



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专电子信息系列技能型规划教材

可编程控制器应用技术项目教程 (西门子)

主 编	崔维群			
副主编	申加亮	吴 全	方 静	
参 编	闫廷光	宋云艳	黄 萌	
	王书平			
主 审	张水利			



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书结合以工作过程系统化为导向的“PLC 技术及应用”课程改革和建设成果,以西门子 S7-200 系列 PLC 为对象,讲解了 PLC 在运动控制、过程控制和网络通信控制三大类系统中的应用,涵盖了 PLC 的主要应用领域。

本书主要包括 8 个项目的内容:可编程控制器系统认知、三相交流异步电动机正反转控制系统的设计与实现、自动往返运行控制系统的设计与实现、步进电动机运动控制系统的设计与实现、电动机转速测量显示系统的设计与实现、液位控制系统的设计与实现、多点温度测量控制系统的设计与实现、电动机多段速运行控制系统的设计与实现。除项目 1 外,每个项目均从企业生产实践中选题,都是一个从系统提出到系统设计再到系统实现的完整工作过程,包括任务描述、任务分析、相关知识、方法与步骤等环节。

为了加强读者对所学内容的掌握,每个任务后边还附有与本任务有关的项目实训和复习思考题。本书除注重强调职业技能的训练和养成以及 PLC 工程应用能力的培养外,还非常注重 PLC 控制系统设计和实现过程中相关设计文档的编写和整理能力的培养。

本书可作为高职高专院校电子信息工程技术、电气自动化技术、机电一体化技术、计算机控制技术等专业教材,也可作为职业培训学校 PLC 课程的培训教材,同时还可供从事自动化技术工作的工程技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器应用技术项目教程. 西门子/崔维群主编. —北京:北京大学出版社, 2011.1

(21 世纪全国高职高专电子信息系列技能型规划教材)

ISBN 978-7-301-18188-1

I. ①可… II. ①崔… III. ①可编程序控制器—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 242865 号

书 名: 可编程控制器应用技术项目教程(西门子)

著作责任者: 崔维群 主编

策 划 编 辑: 赖 青 张永见

责 任 编 辑: 王红樱

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-18188-1/TH·0226

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 山东省高唐印刷有限责任公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787mm×1092mm 16 开本 21.25 印张 496 千字

2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 38.00 元

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

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

本书结合以工作过程系统化为导向的“PLC 技术及应用”课程改革和建设的成果，以企业岗位需求为标准，以职业技能培养为主线，为培养可编程控制器领域高等技术技能型人才而编写的。本书在注重讲解基础知识的同时，力求突出职业教育的岗位性、技能性、工程性和实践性等特点。

本书以西门子 S7-200 系列 PLC 为对象，通过 8 个项目，讲解了 PLC 在运动控制、过程控制和网络通信控制三大类系统中的应用，涵盖了 PLC 的主要应用领域。除项目 1 外，每个项目均从企业生产实践中选题，都是一个从系统提出到系统设计再到系统实现的完整工作过程，包括任务描述、任务分析、相关知识、方法与步骤等环节。每个项目均以具体的工作内容为载体，打破传统的教材编写模式，采用“任务驱动”和“教、学、做一体化”的模式，由学校、行业和企业专家组成教材编写组，合作开发完成。本书是校企合作的结晶。

项目 1 主要讲解了 PLC 的产生、分类、组成及工作原理、发展方向和应用领域；项目 2 以电动机的正反转控制为主线，主要讲解了 S7-200 的组成结构、数字量输入/输出模块及外部接线、寻址方式、内部编程元件、梯形图和语句表编程方法、基本指令以及 PLC 控制系统的设计方法和设计步骤、施工调试等内容；项目 3 以自动往返运行控制为主线，主要讲解了 S7-200 的定时器、计数器、程序控制类指令、移位和循环移位指令、顺序控制系统、顺序功能图、顺序功能图转梯形图的方法以及顺控系统的设计、施工、调试等内容；项目 4 以步进电动机运动控制为主线，主要讲解了 S7-200 的数据传送类指令、表功能指令、子程序及调用、中断及中断处理程序、高速脉冲输出指令、步进电动机和步进电动机驱动器的结构、分类、选用以及步进电机控制系统的设计调试等内容；项目 5 以电动机转速测量显示为主线，主要讲解了 S7-200 的数学运算指令、数据转换指令、高速计数器指令以及编码器分类、特点、选用和编码器测速方式、PLC 控制 LED 显示以及 PLC 电机转速测量显示系统的设计与实现等内容；项目 6 以液位控制为主线，主要讲解了 S7-200 的模拟量输入/输出及外部接线、PID 运算指令、变频器及设置、触摸屏的组态以及 PLC 模拟量过程控制系统设计与实现等内容；项目 7 以多点温度测量控制为主线，主要讲解了 S7-200 的网络及通信、触摸屏的组态、PLC 网络通信控制系统的设计与实现等内容；项目 8 以 S7-200 PLC 通过 USS 通信协议控制 MM4 系列变频器为主线，主要讲解了 USS 通信协议及指令应用、MM4 系列变频器设置和接线等内容；附录介绍了 STEP 7-Micro/WIN 编程软件的使用方法。本书有配套的电子课件，可从北大出版社第 6 事业部网站(www.pup6.com)下载。

本书各项目推荐教学学时数安排如下表所示。具体进行教学时，各学校可根据实际情况进行相应的调整 and 安排。

序号	课 程 内 容	学 时 数		
		合计	讲授	实训
项目 1	可编程控制器系统认知	4	3	1
项目 2	三相交流异步电动机正反转控制系统的设计与实现	20	12	8
项目 3	自动往返运行控制系统的设计与实现	20	12	8
项目 4	步进电动机运行控制系统的设计与实现	20	12	8
项目 5	电动机转速测量显示系统的设计与实现	16	10	6
项目 6	液位控制系统的设计与实现	16	10	6
项目 7	多点温度测量控制系统的设计与实现	14	8	6
项目 8	电动机多段速运行控制系统的设计与实现	10	6	4
总 计		120	73	47

本书由山东水利职业学院崔维群任主编，山东水利职业学院张水利任主审，山东水利职业学院申加亮、沈阳职业技术学院吴全、山东水利职业学院方静任副主编。项目 1 由山东水利职业学院闫廷光编写；项目 2 由崔维群编写；项目 3 由长春职业技术学院宋云艳编写；项目 5 由山东水利职业学院方静编写；项目 4、6 由吴全和崔维群编写；项目 7 由山东水利职业学院王书平编写；项目 8 由申加亮编写；附录由山东水利职业学院黄萌编写。崔维群完成了全书的统稿工作。

在本书的编写过程中，淄博三品电子科技有限公司陈敏健、楚浩军、烟台金建设计研究工程有限公司李丰志、日照亚太森博浆纸有限公司刘升、刘磊、日照威德电子科技有限公司王友明、山东水利职业学院王金平、崔灵智等对本书的项目选题、编写内容、编写形式和编写目录提出了很多宝贵的意见和建议，并参与了本书部分内容的编写和资料整理工作，在此一并表示感谢！

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请专家和读者批评指正。

编 者
2011 年 1 月

目 录

项目 1 可编程控制器系统认知	1	相关知识	158
项目小结	13	方法与步骤	179
思考与练习	13	项目实训	195
项目 2 三相交流异步电动机正反转		项目小结	196
控制系统的设计与实现	14	思考与练习	196
任务描述	15	项目 6 液位控制系统的设计与实现	197
任务分析	15	任务描述	198
相关知识	15	任务分析	198
方法与步骤	44	相关知识	199
项目实训	67	方法与步骤	218
项目小结	67	项目实训	250
思考与练习	67	项目小结	251
项目 3 自动往返运行控制系统的设计		思考与练习	251
与实现	70	项目 7 多点温度测量控制系统的设计	
任务描述	71	与实现	253
任务分析	71	任务描述	254
相关知识	71	任务分析	254
方法与步骤	89	相关知识	255
项目实训	113	方法与步骤	269
项目小结	115	项目实训	291
思考与练习	115	项目小结	291
项目 4 步进电动机运动控制系统的设计与实现	117	思考与练习	291
任务描述	118	项目 8 电动机多段速运行控制系统	
任务分析	118	的设计与实现	292
相关知识	118	任务描述	293
方法与步骤	142	任务分析	293
项目小结	155	相关知识	293
思考与练习	155	方法与步骤	301
项目 5 电动机转速测量显示系统的设计		项目小结	313
与实现	157	思考与练习	314
任务描述	158	附录 STEP 7 - Micro/WIN 32 编程软件	
任务分析	158	的使用	315
		参考文献	329

项目

可编程控制器系统认知

知识目标

了解可编程控制器的产生、分类、特点、应用及发展,掌握可编程控制器的定义、基本组成、工作原理及主要技术指标。

能力目标

能对可编程控制器的产生、分类、特点、应用及发展了解,掌握可编程控制器的定义、基本组成部分及作用、工作原理及主要技术指标。

引言

1969年美国数字设备公司(DEC)研制出第一台可编程控制器,主要由分立元件和中小规模集成电路组成,只能完成简单的逻辑控制及定时、计数功能。20世纪70年代初,将微处理器引入可编程控制器,使可编程控制器增加了数学运算、数据传送及处理等功能,完成了真正具有计算机特征的工业控制装置。70年代中末期,计算机技术已全面引入可编程控制器中,使其具有更高的运算速度、更小的体积、更可靠的工业抗干扰设计、模拟量运算。80年代初,可编程控制器呈现了新的特点:大规模、高速度、高性能和产品系列化,在先进工业国家中已获得广泛应用。

20世纪末期,可编程控制器的发展特点是更加适应现代工业控制的需要。从控制规模上来说,这个时期出现了大型机和超小型机;从控制能力上来说,诞生了各种特殊功能单元,用于压力、温度、转速、位移等各种控制场合;从产品的配套能力来说,生产了各种人机界面单元、通信单元,使应用可编程控制器的工业控制设备的配套更加容易。目前,可编程控制器在机械制造、石油、化工、冶金、汽车、轻工业等领域的应用都得到了长足的发展。

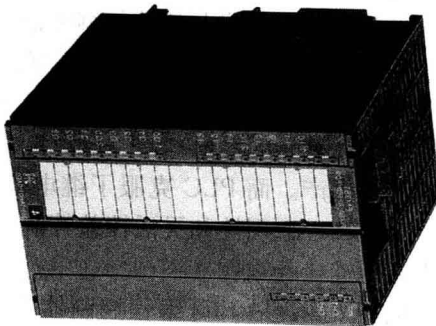


图 1.1 可编程控制器(PLC)

一、可编程控制器的产生

随着计算机控制技术的不断发展,可编程控制器的应用已广泛普及,成为自动化技术的重要组成部分。

在可编程控制器出现之前,工业控制领域主要是继电器-接触器控制占主导地位。继电器-接触器控制系统有着十分明显的缺点:体积大、耗电多、可靠性差、寿命短、运行速度慢、适应性差,尤其当生产工艺发生变化时,就必须重新设计、重新安装,造成时间和资金的严重浪费。为了改变这一现状,适应汽车型号不断更新的要求,以在竞争激烈的汽车行业中占有优势,1968年美国最大的汽车制造公司通用汽车公司(GM)提出了研制一种新型工业控制装置来取代继电器-接触器控制装置,为此,特拟定了10项公开招标的技术要求,这10项技术要求如下。

- (1) 编程简单,可在现场修改程序。
- (2) 维护方便,最好是插件式结构。
- (3) 可靠性高于继电器控制装置。
- (4) 体积小于继电器控制装置。
- (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装置竞争。
- (7) 输入可为市电。
- (8) 输出可为市电,容量要求在2A以上,能直接驱动电磁阀。
- (9) 在扩展时,原有系统只需要很小的变更。
- (10) 用户程序存储器容量至少能扩展到4KB。

根据这10条技术要求,美国数字设备公司(DEC)1969年研制出了世界上第一台可编程序控制器应用于通用汽车公司的自动生产线,并获得了成功。从此,可编程序控制器这一新的控制技术在世界范围内迅速发展起来。

当时可编程序控制器称为可编程逻辑控制器(PLC, Programmable Logic Controller),目的是用来取代继电器-接触器控制系统,以执行逻辑判断、计时、计数等顺序控制功能。后来,随着半导体技术,尤其是微处理器和微型计算机技术的发展,使PLC在概念、设计、性能价格比以及应用方面都有了新的突破。这时的PLC已不仅具有逻辑判断功能,还同时具有数据处理、PID调节和数据通信功能,称为可编程序控制器(Programmable Controller)更为合适,简称为PC,但为了与个人计算机(Personal Computer)的简称PC相区别,一般仍将它简称为PLC(Programmable Logic Controller)。

PLC是微机技术与传统的继电器-接触器控制技术相结合的产物,其基本设计思想是把计算机功能完善、灵活、通用等优点和继电器控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来。继电器控制系统已有上百年历史,它是用弱电信号控制强电系统的控制方法。在复杂的继电器-接触器控制系统中,故障查找和排除困难,花费时间长,严重影响工业生产。而PLC克服了继电器-接触器控制系统中机械触点的接线复杂、可靠性低、功耗高、通用性和灵活性差等缺点,充分利用微处理器的优点,并将控制器和被控对象方便地连接起来。

从用户角度看,可编程控制器是一种无触点设备,改变程序即可改变生产工艺,因此,如果在初步设计阶段就选用可编程控制器,可以使得设计和调试变得简单容易。从制

造生产可编程控制器的厂商角度看,在制造阶段不需要根据用户的订货要求专门设计控制器,适合批量生产。由于这些特点,可编程控制器问世以后很快受到工业控制界的欢迎,并得到迅速的发展。目前,可编程控制器已成为工厂自动化的强有力工具,得到了广泛的应用。掌握可编程序控制器的工作原理,具备设计、调试和维护可编程序控制器控制系统的能力,已经成为现代工业对电气技术人员和工科学生的基本要求。

二、可编程控制器的定义

国际电工委员会(IEC)曾于1982年11月颁发了可编程控制器标准草案第1稿,1985年1月又发表了第2稿,1987年2月颁发了第3稿。该草案中,对可编程控制器的定义是:“可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为在工业环境下应用而设计。它采用了可编程序的存储器,用来在其内部存储和执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作命令,并通过数字式和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外围设备,都按易于与工业系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

该定义强调了可编程控制器是“数字运算操作的电子系统”,是一种计算机。它是“专为在工业环境下应用而设计”的工业计算机,是一种用程序来改变控制功能的工业控制计算机,除了能完成各种各样的控制功能外,还有与其他计算机通信联网的功能。

三、可编程控制器的基本组成

1. 控制组件

可编程控制器主要由CPU、存储器、基本I/O接口电路、外设接口、编程装置、电源等组成。

可编程控制器是多种多样的,但其组成的一般原理基本相同,如图1.2所示,都是以微处理器为核心的结构。编程装置将用户程序送入可编程控制器,在可编程控制器运行状态下,输入单元接收到外部元件发出的输入信号,可编程控制器执行程序,并根据程序运行后的结果,由输出单元驱动外围设备。

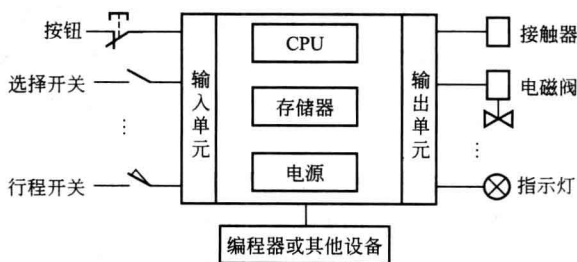


图 1.2 可编程控制器系统结构

1) CPU

CPU(中央处理器, Central Processing Unit)是可编程控制器的控制中枢,相当于人的大脑。CPU一般由控制器、运算器和寄存器等组成,这些电路通常都被封装在一个集成的芯片上。CPU通过地址总线、数据总线、控制总线与存储单元、输入/输出接口电路连接。CPU的功能有:它在系统监控程序的控制下工作,通过循环扫描方式,将外部输入信号的状态写入输入映象寄存区域,PLC进入运行状态后,从存储器逐条读取用户指令,按指令规定的任务进行数据的传送、逻辑运算、算术运算等,然后将结果送到输出映象寄存区域。

CPU 常用的微处理器有通用型微处理器、单片机和位片式计算机等。通用型微处理器常见的,如 Intel 公司的 8086、80286、到 Pentium 等系列芯片。单片机型的微处理器,如 Intel 公司的 MCS-96 系列单片机。位片式微处理器,如 AMD 2900 系列微处理器等。小型 PLC 的 CPU 多采用单片机或专用 CPU,中型 PLC 的 CPU 大多采用 16 位微处理器或单片机,大型 PLC 的 CPU 多用高速位片式微处理器,它具有灵活性强,速度快,效率高优点。

目前,一些厂家生产的 PLC 中,还采用了冗余技术,即采用双 CPU 或三 CPU 工作,进一步提高了系统的性能和可靠性。采用冗余技术可使 PLC 的平均无故障工作时间达到几十万小时以上。

2) 存储器

可编程控制器的存储器按照读写方式分为只读存储器(ROM)、随机存储器(RAM);按照用途和功能分为系统程序存储器和用户存储器。

系统程序存储器用于存放 PLC 生产厂家编写的系统程序并固化在只读存储器 PROM(可编程 ROM)或 EPROM(可擦除可编程 ROM)中,用户不能访问或修改。系统程序相当于个人计算机的操作系统,它关系到 PLC 的性能。系统程序主要包括系统监控程序、用户指令解释程序、标准程序模块、系统调用、管理等程序以及各种系统参数等。

用户存储器可分为三部分:用户程序区、数据区和系统区。用户程序区用于存放用户经编程器输入的用户程序。数据区用于存放 PLC 的在运行过程中所用到的和生成的各种工作数据。数据区包括输入、输出数据映象区,定时器、计数器的预置值和当前值等。系统区主要存放 CPU 的组态数据,例如输入/输出组态、设置输入滤波、脉冲捕捉、输出表配置、定义存储区保持范围、模拟电位器设置、高速计数器配置、高速脉冲输出配置、通信组态等。

用户程序和中间运算数据存放在 RAM 中,RAM 存储器是一种高密度、低功耗、价格便宜的半导体存储器,它存储的内容是易失的,可用电池做备用电源。当系统断电时,用户程序可以保存在只读存储器 EEPROM(电可擦写可编程 ROM)中或由后备电池或大电容支持的 RAM 中。EEPROM 兼有 ROM 和 RAM 的优点,用来存放需要长期保存的重要数据。

3) 输入/输出(I/O)单元及输入/输出(I/O)扩展接口

(1) I/O 单元。PLC 输入单元的作用是将 PLC 外部电路(如行程开关、按钮、传感器等)提供的符合 PLC 输入电路要求的电压信号,通过光电耦合电路送至 PLC 内部电路。输入电路通常以光电隔离和阻容滤波的方式提高抗干扰能力,输入响应时间一般为 0.1~15ms。PLC 输出单元的作用是将主机向外输出的信号转换成可以驱动外部执行电路的信号,以便控制接触器线圈等电器通断电;另外输出电路也使 PLC 与外部的强电隔离,保证了系统的可靠性。根据 I/O 信号形式的不同,I/O 单元可分为模拟量 I/O 单元和数字量 I/O 单元两大类;根据 I/O 单元形式的不同,I/O 单元可分为基本 I/O 单元和扩展 I/O 单元两大类。

(2) I/O 扩展接口。可编程控制器利用 I/O 扩展接口使 I/O 扩展单元与 PLC 的基本单元实现连接,当基本 I/O 单元的输入或输出点数不够使用时,可以用 I/O 扩展单元来扩充开关量 I/O 点数和增加模拟量的 I/O 端子。

4) 外设接口。外设接口电路用于连接手持编程器或其他图形编程器、文本显示器等,

并能组成 PLC 的控制网络。PLC 通过一定的通信接口与计算机连接, 可以实现编程、监控、联网等功能。

5) 电源

电源单元的作用是把外部电源(如 220V 交流电源)转换成内部工作电源。外部连接的电源, 通过 PLC 内部配有的一个专用开关式稳压电源, 将交流/直流供电电源转化为 PLC 内部电路需要的工作电源(DC +5V、 $\pm 12\text{V}$ 、+24V 等), 并可为外部输入元件(如接近开关)提供 24V 直流电源, 而驱动 PLC 负载的电源一般由用户提供。

2. 输入/输出接口电路

输入/输出接口电路实际上是 PLC 与被控对象之间传递输入/输出信号的接口部件。输入输出接口电路要有良好的电隔离和滤波作用。

1) 输入接口电路

输入接口电路如图 1.3 所示。由于生产过程中使用的各种开关、按钮、传感器等输入器件直接接到 PLC 输入接口电路上, 为防止由于触点抖动或干扰脉冲引起错误的输入信号, 输入接口电路必须有很强的抗干扰能力。其提高抗干扰能力的方法主要有:

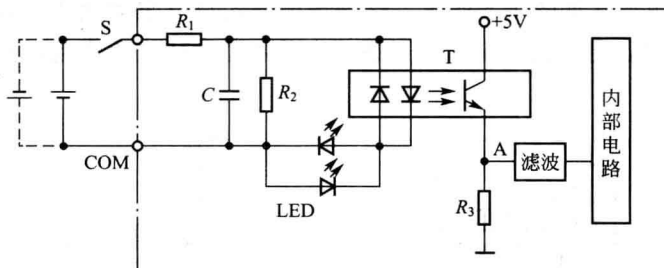


图 1.3 可编程控制器输入接口电路

(1) 利用光耦合器提高抗干扰能力。光耦合器中的发光二极管是电流驱动元件, 要有足够的能量才能驱动。而干扰信号虽然有的电压值很高, 但能量较小, 不能使发光二极管导通发光, 所以不能进入 PLC 内, 实现了电隔离。

(2) 利用滤波电路提高抗干扰能力。最常用的滤波电路是电阻电容滤波, 如图 1.3 中的 R_1 、 C 。

在图 1.3 中, S 为输入开关, 当 S 闭合时, LED 点亮, 显示输入开关 S 处于接通状态。光耦合器导通, 将高电平经滤波器送到 PLC 内部电路中。当 CPU 在循环扫描的输入阶段锁入该信号时, 将该输入点对应的映像寄存器状态置 1; 当 S 断开时, 则对应的映像寄存器状态置 0。

根据常用输入电路电压类型及电路形式不同, 可以分为干接点式、直流输入式和交流输入式。输入电路的电源可由外部提供, 有的也可由 PLC 内部提供。

2) 输出接口电路

根据驱动负载元件不同可将输出接口电路分为三种。

(1) 小型继电器输出形式电路如图 1.4 所示。这种输出形式既可驱动交流负载, 又可驱动直流负载。它的优点是适用电压范围比较宽, 导通压降小, 承受瞬时过电压和过电流的能力强。缺点是动作速度较慢, 动作次数(寿命)有一定的限制。建议在输出量变化不频

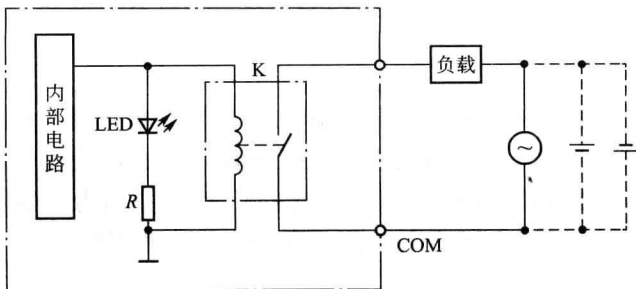


图 1.4 小型继电器输出形式

繁时优先选用。

它的电路工作原理是：当内部电路的状态为1时，使继电器K的线圈得电，产生电磁吸力，触点闭合，则负载得电，同时点亮LED，表示该路输出点有输出。当内部电路的状态为0时，使继电器K的线圈失电（无电流），触点失开，则负载失电，同时LED熄灭，表示该路输出点无输出。

(2) 晶体管输出形式如图1.5所示。这种输出形式只可驱动直流负载。它的优点是可靠性强，执行速度快，寿命长。缺点是过载能力差，适合在直流供电、输出量变化快的场合选用。

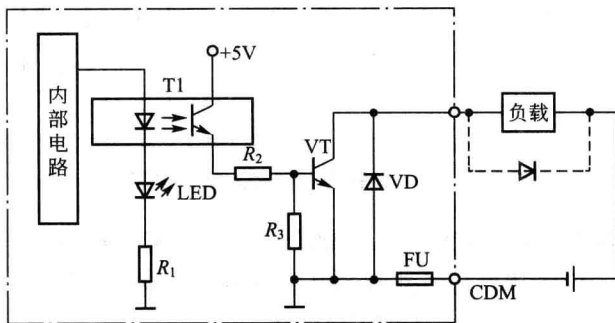


图 1.5 晶体管输出形式

图1.5电路的工作原理是：当内部电路的状态为1时，光耦合器T1导通，使大功率晶体管VT饱和导通，则负载得电，同时点亮LED，表示该路输出点有输出。当内部电路的状态为0时，T1断开，VT截止，则负载失电，LED熄灭，表示该路输出点无输出。当负载为感性负载，VT关断时会产生较高的反电势，VD的作用是为其提供放电回路，避免VT承受过电压。

(3) 双向晶闸管输出形式如图1.6所示。这种输出形式适合驱动交流负载。由于双向晶闸管和晶体管同属于半导体材料元件，所以优缺点与晶体管或场效应管的输出形式相似，适合在交流供电、输出量变化快的场合选用。

图1.6电路工作原理是：当内部电路的状态为1时，发光二极管导通发光，相当于双向晶闸管施加了触发信号，无论外接电源极性如何，双向晶闸管VT均导通，负载得电，同时输出指示灯LED点亮，表示该输出点接通；当内部电路的状态为0时，双向晶闸管关断，此时LED不亮，负载失电。

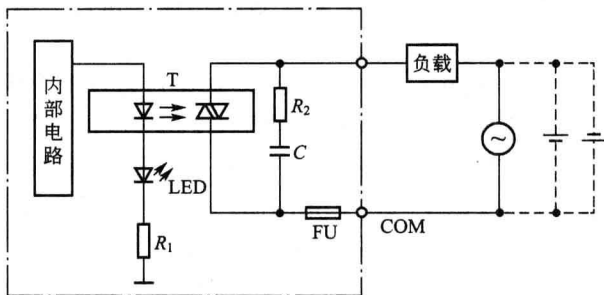


图 1.6 双向晶闸管输出形式

3) I/O 电路的常见问题

(1) 用晶体管等有源元件作为无触点开关的输出设备，与 PLC 输入单元连接时，由于晶体管自身有漏电流存在，或者电路不能保证晶体管可靠截止而处于放大状态，即使在晶体管截止时，仍会有一个小漏电流流过，有可能引起 PLC 输入电路发生误动作。可在 PLC 输入端并联一个旁路电阻来分流，使流入 PLC 的电流小于 1.3mA。

(2) 应在输出回路串联熔丝，避免负载电流过大损坏输出元件或电路板。

(3) 由于晶体管、双向晶闸管型输出端子漏电流和残余电压的存在，当驱动不同类型的负载时，需要考虑电平匹配和误动等问题。

(4) 感性负载断电时会产生很高的反电势，对输出单元电路产生冲击，对于大电感或频繁关断的感性负载应使用外部抑制电路，一般采用阻容吸收电路或二极管吸收电路。

3. 编程器

编程器是 PLC 的重要外围设备。利用编程器将用户程序送入 PLC 的存储器，还可以用编程器检查程序，修改程序，监视 PLC 的工作状态。

常见的给 PLC 编程的装置有手持式编程器和计算机编程方式。在可编程序控制器发展的初期，使用专用编程器来编程。专用编程器只能对某一厂家的某些产品编程，使用范围有限。小型可编程序控制器使用价格较便宜、携带方便的手持式编程器，大中型可编程序控制器则使用小型 CRT 作为显示器的便携式编程器。手持式编程器一般不能直接输入和编辑梯形图，只能输入和编辑指令，但它有体积小，便于携带，可用于现场调试，价格便宜等优点。

计算机的普及使得越来越多的用户使用基于个人计算机的编程器。目前基本所有的可编程序控制器生产厂商或经销商都可向用户提供编程软件，在个人计算机上添加适当的硬件接口和软件包，即可用个人计算机对 PLC 编程。利用微机作为编程器，可以直接编制并显示梯形图，程序可以存盘、打印、调试，对于查找故障非常有利。

四、可编程控制器的工作原理及主要技术指标

1. 可编程控制器的工作原理

结合 PLC 的组成和结构分析 PLC 的工作原理更容易理解。PLC 是采用周期循环扫描的工作方式，CPU 连续执行用户程序和任务的循环序列称为扫描。CPU 对用户程序的执行过程是 CPU 的循环扫描，并用周期性地集中采样、集中输出的方式来完成现场信号的

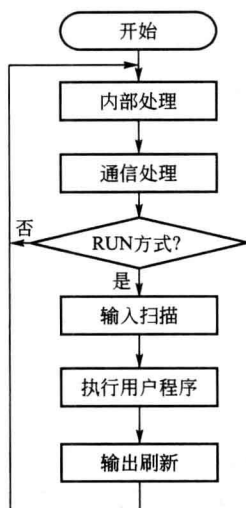


图 1.7 PLC 工作原理

采集和控制任务。整个过程扫描并执行一次所需的时间称为扫描周期，如图 1.7 所示。

在图 1.7 中，当 PLC 方式开关置于 RUN(运行)时，执行所有阶段；当方式开关置于 STOP(停止)时，不执行后三个阶段，此时可进行通信处理，如对 PLC 联机或离线编程等。对于不同型号的 PLC，图 1.7 中的循环扫描过程中各步的顺序可能不同，这是由 PLC 内部的系统程序所决定的。

(1) 内部处理阶段。在此阶段 CPU 执行自诊断测试，检查其硬件、用户程序存储器和所有 I/O 模块的状态。如果发现异常，则停机并显示出错信息。若自诊断正常，继续向下扫描。

(2) 通信处理阶段。在此阶段，CPU 自动监测并处理各通信端口接收到的信息。即检查是否有编程器、计算机或其他 PLC 等的通信请求，若有则进行相应处理，在这一阶段完成数据通信任务。

(3) 输入扫描阶段。在此阶段，PLC 先读取输入点的状态，然后写到输入映像寄存器区。在之后的用户程序执行过程中，CPU 访问输入映像寄存器区，而并非读取输入端口的状态，输入信号的变化并不会影响到输入映像寄存器的状态，通常要求输入信号有足够的脉冲宽度，才能被响应。

(4) 执行用户程序阶段。在此阶段，PLC 按照梯形图的顺序，自左而右，自上而下的逐行扫描，从用户程序的第一条指令开始执行直到最后一条指令结束，程序运行结果放入输出映像寄存器区。在此阶段，允许对数字量 I/O 指令和不设置数字滤波的模拟量 I/O 指令进行处理，在扫描周期的各个部分，均可对中断事件进行响应。

(5) 输出刷新阶段。每个扫描周期的结尾，CPU 把存在输出映像寄存器中的数据输出给数字量输出端点(写入输出锁存器中)，更新输出状态。然后 PLC 进入下一个循环周期，重新执行自诊断，周而复始。

如果程序中使用了中断，中断事件出现，立即执行中断程序，中断程序可以在扫描周期的任意点被执行。

如果程序中使用了立即 I/O 指令，可以直接存取 I/O 点。用立即 I/O 指令读输入点值时，相应的输入映像寄存器的值一般不被修改，用立即 I/O 指令写输出点值时，相应的输出映像寄存器的值一般被修改。

PLC 的输入处理、执行用户程序、输出处理过程原理如图 1.8 所示。

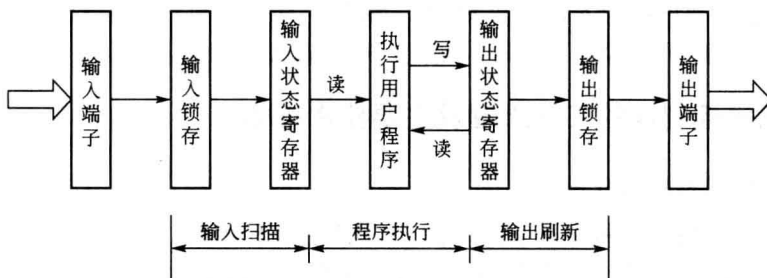


图 1.8 PLC 的输入处理、执行用户程序、输出处理过程原理

PLC 扫描周期的长短主要取决于程序的长短,通常在几十到几百毫秒之间,它对于一般的工业设备通常没有什么影响。但对控制时间要求较严格,响应速度要求较快的系统,为减少扫描周期造成的响应延时等不良影响,在编程时应应对扫描周期进行计算,并尽量缩短和优化程序代码。

由 PLC 的工作过程可见,在 PLC 的程序执行阶段,即使输入发生了变化,输入状态寄存器的内容也不会立即改变,要等到下一个扫描周期输入处理阶段才能改变。暂存在输出状态寄存器中的输出信号,要等到一个循环周期结束,CPU 才集中将这些输出信号全部输出给输出锁存器,成为实际的 PLC 输出。因此,全部输入、输出状态的改变就需要一个扫描周期,换言之,输入/输出的状态保持一个扫描周期。

2. 可编程控制器主要技术指标

可编程控制器的种类很多,用户可以根据控制系统的具体要求选择不同技术性能指标的 PLC。可编程控制器的技术性能指标主要有以下几个方面。

1) 输入/输出(I/O)点数

可编程控制器的 I/O 点数指外部输入、输出端子数量的总和。它是描述 PLC 大小的一个重要的参数。

2) 存储器容量

PLC 的存储器由系统程序存储器、用户程序存储器和数据存储器三部分组成。PLC 存储容量通常指用户程序存储器和数据存储器容量之和,表征系统提供给用户的可用资源,是系统性能的一项重要技术指标。

3) 扫描速度

扫描速度是指 PLC 执行用户程序的速度,是衡量 PLC 性能的重要指标。一般以扫描 1K 字用户程序所需的时间来衡量扫描速度,通常以 ms/K 字为单位。PLC 用户手册一般给出执行各条指令所用的时间,可以通过比较各种 PLC 执行相同操作所用的时间,来衡量扫描速度的快慢。

4) 指令系统

指令功能的强弱、数量的多少也是衡量 PLC 性能的重要指标。编程指令的功能越强、数量越多,PLC 的处理能力和控制能力也越强,用户编程也越简单和方便,越容易完成复杂的控制任务,但掌握应用也相对较复杂。用户应根据实际控制要求选择合适指令功能的可编程控制器。

5) 通信功能

通信有 PLC 之间的通信和 PLC 与其他设备之间的通信。通信主要涉及通信模块、通信接口、通信协议和通信指令等内容。PLC 的组网和通信能力也已成为 PLC 产品水平的重要衡量指标之一。

6) 内部元件的种类与数量

在编制 PLC 程序时,需要用到大量的内部元件来存放变量、中间结果、保持数据、定时计数、模块设置和各种标志位等信息。这些元件的种类与数量越多,表示 PLC 存储和处理各种信息的能力越强。

7) 特殊功能单元

特殊功能单元种类的多少与功能的强弱是衡量 PLC 产品的一个重要指标。近年来各

PLC 厂商非常重视特殊功能单元的开发, 特殊功能单元种类日益增多, 功能越来越强, 使 PLC 的控制功能日益扩大。

8) 可扩展能力

PLC 的可扩展能力包括 I/O 点数的扩展、存储容量的扩展、联网功能的扩展、各种功能模块的扩展等。在选择 PLC 时, 经常需要考虑 PLC 的可扩展能力。

另外, 厂家的产品手册上还提供 PLC 的负载能力、外形尺寸、重量、保护等级、适用的安装和使用环境, 如温度、湿度等性能指标参数, 供用户参考。

五、可编程控制器的分类、特点、应用及发展

1. 可编程控制器的分类

1) 按 I/O 点数和功能分类

可编程控制器用于对外部设备的控制, 如外部信号的输入、PLC 的运算结果的输出等都要通过 PLC 输入输出端子来进行接线, 输入、输出端子的数目之和被称为 PLC 的输入、输出点数, 简称 I/O 点数。

由 I/O 点数的多少可将 PLC 的 I/O 点数分成小型、中型和大型。

小型 PLC 的 I/O 点数一般小于 256 点, 以开关量控制为主, 具有体积小、价格低的优点。可用于开关量控制、定时/计数控制、顺序控制及少量模拟量的控制场合, 代替继电器-接触器控制在单机或小规模生产过程中使用。

中型 PLC 的 I/O 点数一般在 256~1024 点之间, 功能比较丰富, 兼有开关量和模拟量控制能力, 适用于较复杂系统的逻辑控制和闭环过程的控制。

大型 PLC 的 I/O 点数一般在 1024 点以上。用于大规模过程控制, 集散式控制和工厂自动化网络。

2) 按结构形式分类

PLC 可分为整体式结构和模块式结构两大类。

(1) 整体式 PLC 是将 CPU、存储器、I/O 部件等组成部分集中于一体, 安装在印制电路板上, 并连同电源一起装在一个机壳内, 形成一个整体。整体式结构的 PLC 具有结构紧凑、体积小、质量轻、价格低等优点, 但整体式 PLC 一般不能扩展。一般小型或超小型 PLC 多采用这种结构。

(2) 模块式 PLC 是把各个组成部分作成独立的模块, 如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块等。各模块做成插件式, 并组装在一个具有标准尺寸, 带有若干插槽的机架内。模块式结构的 PLC 配置灵活, 装配和维修方便, 易于扩展。一般大中型的 PLC 都采用这种结构。

2. 可编程控制器的特点

1) 可编程控制器的特点

(1) 编程简单, 使用方便。梯形图是使用得最多的可编程序控制器的编程语言, 其符号与继电器电路原理图相似。有继电器电路基础的电气技术人员只要很短的时间就可以熟悉梯形图语言, 并用来编制用户程序, 梯形图语言形象直观, 易学易懂, 是可编程序控制器首选的编程语言。

(2) 控制灵活, 程序可变, 具有很好的柔性。可编程序控制器产品采用模块化形式,

配备有品种齐全的各种硬件装置供用户选用,用户能灵活方便地进行系统配置,组成不同功能、不同规模的系统。可编程序控制器用软件功能取代了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,硬件配置确定后,可以通过修改用户程序,不用改变硬件,方便快速地适应工艺条件的变化,具有很好的柔性。

(3) 功能强,扩充方便,性能价格比高。可编程序控制器内有成百上千个可供用户使用的编程元件,有很强的逻辑判断、数据处理、PID 调节和数据通信功能,可以实现非常复杂的控制功能。如果元件不够,只要加上需要的扩展单元即可,扩充非常方便。与相同功能的继电器系统相比,具有很高的性能价格比。

(4) 控制系统设计及施工的工作量少,维修方便。可编程序控制器的配线与其他控制系统的配线比较少得多,故可以省下大量的配线,减少大量的安装接线时间,控制柜体积缩小,节省大量的费用。可编程序控制器有较强的带负载能力,可以直接驱动一般的电磁阀和交流接触器。一般可用接线端子连接外部接线。可编程序控制器的故障率很低,且有完善的自诊断和显示功能,便于迅速地排除故障。

(5) 丰富的 I/O 接口。由于工业控制机只是整个工业生产过程自动控制系统中的一个控制中枢,为了实现对工业生产过程的控制,它还必须与各种工业现场的设备相连接才能完成控制任务。因此 PLC 除了具有计算机的基本部分如 CPU、存储器等以外,还有丰富的 I/O 接口模块。对不同的工业现场信号(如交流、直流、开关量、模拟量、脉冲等)都有相应的 I/O 模块与工业现场的器件或设备(如按钮、行程开关、传感器及变送器等)直接连接。另外,为了提高 PLC 的操作性能,它还有多种人机对话的接口模块;为了组成工业控制网络,还配备了多种通信联网的接口模块等等。

(6) 可靠性高,抗干扰能力强。可编程序控制器是为工业控制现场工作设计的,采取了一系列硬件和软件抗干扰措施,硬件措施如屏蔽、滤波、电源调整与保护、隔离、后备电池等,例如,西门子公司 S7-200 系列 PLC 中,所有中间数据可以通过一个超级电容器保持,如果选配电池模块,可以确保停电后中间数据能保存 200 天。软件措施如故障检测、信息保护和恢复、警戒时钟等,加强对程序的检测和校验。以上措施大大提高了 PLC 系统的可靠性和抗干扰能力,平均无故障工作时间达到数万小时以上,可以直接用于有强烈干扰的工业生产现场。

(7) 体积小、质量轻、能耗低。由于采用半导体集成电路,与传统控制系统相比,其体积小、质量轻、功耗低。

2) 可编程控制器与继电器控制的区别

PLC 与继电器控制的区别主要体现在:组成器件不同,PLC 中是软继电器;触点数量不同,PLC 编程中无触点数的限制;实施控制的方法不同,PLC 主要由软件编程实现控制,而继电器控制依靠硬件连线完成。

3. 可编程控制器的应用

目前,可编程序控制器已经广泛地应用在各个工业部门。随着其性能价格比的不断提高,应用范围还在不断扩大,主要有以下几个方面。

1) 逻辑控制

可编程序控制器具有“与”、“或”、“非”等逻辑运算的能力,可以实现逻辑运算,用触点和电路的串、并联,代替继电器进行组合逻辑控制、定时控制与顺序逻辑控制。数字