



卓越系列

国家示范性高等职业院校核心课程特色教材
自动化控制技术实战丛书

可编程控制器 实用技术

KEBIANCHENG KONGZHIQI
SHIYONGJISHU

张世生/主编

张冬梅 潘学海/副主编



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

卓越系列 · 国家示范性高等职业院校核心课程特色教材
自动化控制技术实战丛书

可编程控制器实用技术

主 编 张世生
副主编 张冬梅 潘学海
参 编 崔慧娟 祝木田 张旭芬
马 飞 孙翰英 周 庆

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书以项目式学习为特色,以西门子公司的 S7-200 系列可编程控制器(PLC)为例,介绍了 PLC 的硬件结构和工作原理,PLC 的存储器数据类型、指令系统和编程软件的使用方法,梯形图的经验设计法、顺序功能图的编程方法。这些设计方法很容易被初学者掌握,用它们可以设计出复杂的数字量控制系统。书中提供了大量的实训内容,还介绍了 PLC 的模拟量闭环控制、通信程序的设计方法、变频器应用、触摸屏组态、节省 PLC 输入输出点数的方法、PLC 控制系统的可靠性措施等。为方便教学和自学,各章配有习题以供练习。

本书可作为大专院校工业自动化、电气工程及其自动化、应用电子、计算机应用、机电一体化及其他相关专业的教材,可供工程技术人员自学和作为培训教材使用,对 S7-200 系列 PLC 的用户也有很大的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器实用技术/张世生主编. —天津:天津大学出版社,2012.6

(卓越系列)

国家示范性高等职业院校核心课程特色教材

自动化控制技术实战丛书

ISBN 978-7-5618-4348-2

I. ①可… II. ①张… III. ①plc 技术—高等职业教育—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 111259 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

网 址 publish.tju.edu.cn

印 刷 河北省昌黎县思锐印刷有限责任公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm × 260mm

印 张 14.5

字 数 362 千

版 次 2012 年 6 月第 1 版

印 次 2012 年 6 月第 1 次

定 价 30.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

可编程控制器是一种以计算机为核心的通用新型工业自动化装置。它将传统的继电器控制系统与现代计算机技术结合在一起,集计算机技术、自动控制技术、通信技术于一体,具有结构简单、性能优越、可靠性高等优点,得到了广泛的应用,正在迅速地改变着工厂自动化的面貌和进程,成为当今及今后工业控制的主要手段和重要的自动化控制设备,被誉为现代工业生产自动化的三大支柱之一。应用可编程控制器已成为世界潮流,学好用好可编程控制器已显得越来越重要。随着电子技术、计算机技术及自动化技术的迅猛发展,可编程控制器技术的发展也越来越快。

为大力普及可编程控制器的应用,本书从工学结合的角度出发,以我国目前广泛应用的西门子公司的 S7-200 系列 PLC 为例,突出应用性和实践性,讲述了小型可编程控制器的基础知识;以技术技能应用型人才培养目标为依据,吸收了德国高职教材的优点,注重技能培养,结合了一些深入浅出的工程实例,讲述 PLC 技术的综合应用。

PLC 的应用大体可分为 3 个层次:数字量控制、模拟量控制和网络控制。本书项目 1 为 PLC 的认知;项目 2~5 介绍与数字量控制有关的指令和梯形图设计方法;项目 6 介绍顺序控制梯形图的设计方法;项目 7 介绍 PLC 在模拟量控制与 PID 闭环控制中的应用;项目 8 介绍 PLC 的通信方式和通信程序的设计方法;项目 9 通过实例说明西门子变频器的控制方式;项目 10 讲解触摸屏在水位控制中的应用,PLC 系统设计的内容、调试步骤。全书配有 14 个拓展实训内容,课后配有练习题。

在本书编写过程中,山东铝业职业学院提供了很多帮助,中国铝业山东分公司提供了大量资料和相关技术支持,并提出了许多宝贵意见,在此谨表示衷心感谢。

本书由张世生任主编,张冬梅、潘学海任副主编,崔慧娟、祝木田、张旭芬、马飞、孙翰英、周庆参加了编写。

因作者水平有限,时间仓促,书中难免有错漏不妥之处,恳请读者批评指正。

作者邮箱:zsszdm@163.com。

编者

2012 年 4 月

目 录

项目 1	PLC 的认知	(1)
1.1	初识 PLC	(1)
1.2	PLC 工作过程	(5)
1.3	西门子 PLC 的硬件配置	(11)
1.4	PLC 的编程语言	(14)
	习题	(23)
项目 2	电机控制	(24)
2.1	电机控制工艺分析	(24)
2.2	PLC 寻址	(25)
2.3	位操作指令	(32)
2.4	电机控制系统设计	(37)
2.5	拓展实训:多地点控制	(40)
	习题	(43)
项目 3	交通灯控制	(44)
3.1	交通灯控制工艺分析	(44)
3.2	定时器与计数器指令	(44)
3.3	交通灯控制系统设计	(50)
3.4	拓展实训:报警控制	(55)
	习题	(58)
项目 4	全自动洗衣机控制	(60)
4.1	全自动洗衣机控制工艺分析	(60)
4.2	状态法编程	(65)
4.3	拓展实训:机械手控制	(66)
	习题	(71)
项目 5	铁塔之光	(73)
5.1	铁塔之光工艺分析	(73)
5.2	数据处理类指令	(73)
5.3	八段数码管的驱动	(76)
5.4	铁塔之光系统设计	(77)
5.5	拓展实训:台车的呼叫控制	(83)
	习题	(86)
项目 6	自动送料装车系统	(87)
6.1	自动送料装车系统工艺分析	(87)

6.2	程序控制类指令	(88)
6.3	梯形图程序设计	(98)
6.4	拓展实训:运料小车的控制	(102)
	习题	(107)
项目 7	电炉恒温控制	(108)
7.1	电炉恒温控制工艺分析	(108)
7.2	模拟量配置	(109)
7.3	数据处理类指令	(115)
7.4	PID 控制	(123)
7.5	电炉恒温控制程序设计	(126)
	习题	(133)
项目 8	网络控制	(135)
8.1	西门子工业网络	(135)
8.2	通信方式与通信参数设置	(139)
8.3	PLC 的通信指令	(141)
8.4	两台 PLC 间的通信	(147)
8.5	PLC 与打印机的通信	(149)
	习题	(152)
项目 9	变频器控制	(153)
9.1	变频器工作原理	(153)
9.2	变频器开关量控制	(156)
9.3	变频器模拟量控制	(159)
9.4	S7-200 PLC 与变频器的通信	(161)
	习题	(169)
项目 10	水箱水位控制	(170)
10.1	水箱水位控制工艺分析	(170)
10.2	触摸屏与组态软件	(171)
10.3	水箱水位控制系统设计	(178)
10.4	画面组态	(181)
10.5	PLC 控制系统设计	(194)
10.6	系统测试及维护	(203)
	习题	(205)
附录 A	特殊存储器	(206)
附录 B	指令集简表	(211)
附录 C	错误代码	(218)
附录 D	常用缩略语	(221)
参考文献		(224)

项目 1 PLC 的认知

学习目标:

通过对本项目的学习,能识别 PLC,学会其硬件接线,学会编程软件安装与初步应用,了解仿真软件。

1.1 初识 PLC

1.1.1 PLC 简介

1. PLC 的产生

PLC 产生以前,继电器控制电路构成复杂的控制系统,占据大量的空间;当这些继电器运行时,又产生大量的噪声,消耗大量的电能;系统出现故障时,进行检查和排除故障非常困难,尤其是在生产工艺发生变化时,可能需要增加很多的继电器,继电器重新接线或改线的工作量极大,有时可能需要重新设计控制系统;其功能仅局限在能实现具有粗略定时、计数功能的顺序逻辑控制。

1968 年,美国通用汽车公司(GM)提出了对汽车流水线控制系统的具体控制要求。第二年,美国数据设备公司(DEC)为 GM 公司研制了世界上公认的第一台 PLC。当时的 PLC 只能用于执行逻辑判断、计时、计数等顺序控制,所以被称为可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)。

目前世界上 PLC 厂家已有 300 多个,部分主要厂家见表 1.1。在中国 PLC 市场,西门子、三菱及欧姆龙占绝对的优势,美国的罗克韦尔正大力推广。国内 PLC 厂家规模不大(最有影响的是无锡的华光、北京和利时、无锡信捷、威海恒日等),发展快,在价格上很有优势,相信会在世界 PLC 之林占有一定位置。

表 1.1 部分 PLC 生产厂家及产品品牌

国家	公司	产品系列
德国	西门子(SIMATIC)	Logo!、1200、S7-200、S7-300、S7-400 系列
美国	罗克韦尔(AB)	PLC-5 系列
美国	GE Fanuc	GE、90TM-30、90TM-70 系列

续表

国家	公司	产品系列
美国	哥德(GOULD)	PC、M84 系列
美国	德州仪器(TI)	PM 系列
美国	西屋(Westing House)	SY/MAX、PCHPPC、FC-700 系列
美国	莫迪康(MODICON)	M84、M484、M584 系列
日本	三菱(MITSUBISHI)	F1、F2、FX、FX2、FX2N、A、Ans 系列
日本	欧姆龙(OMRON)	C、C200H、CPM1A、CQMI、CV 系列
日本	松下电工	FP 系列
日本	东芝(TOSHIBA)	EX 系列
日本	富士电机(FUJI)	N 系列
法国	TE 施耐德(SCHNEIDE)	TSX、140 系列

西门子 PLC 由 1975 年的 S3 系列、1979 年的 S5 系列,发展到 1994 年的 S7 系列。2004 年,推出了升级产品 CPU 224 和 CPU 226。本书以 CPU 226 为研究对象。

2. PLC 的特点

(1)高可靠性。继电器控制系统中,由于器件的老化、脱焊、触点的抖动以及触点电弧等现象大大降低了系统的可靠性。而在 PLC 系统中,接线减少到继电器控制系统的 $1/100 \sim 1/10$,大量的开关动作是由无触点的半导体电路来完成的,加上 PLC 充分考虑了各种干扰,在硬件和软件上采取了一系列抗干扰措施,PLC 有极高的可靠性。据有关资料统计,目前某些品种的 PLC 平均无故障时间达到了几十万小时。

(2)应用灵活。由于 PLC 产品均系列化生产,品种齐全,多数采用模块式的硬件结构,组合和扩展方便,用户可根据自己的需要灵活选用,以满足系统大小不同及功能繁简各异的控制要求。PLC 常采用箱体式结构,体积及质量只有通常的接触器大小,开关柜的体积缩小到原来的 $1/10 \sim 1/2$,有利于实现机电一体化。

(3)编程方便。PLC 的编程采用与继电器电路极为相似的梯形图语言,直观易懂,深受现场电气技术人员的欢迎。

(4)扩展能力强。PLC 可以方便地与各种类型的输入、输出量连接,实现 D/A、A/D 转换及 PID 运算,实现过程控制、数字控制等功能。PLC 具有通信联网功能,可以进行现场控制和远程监控。

(5)设计周期短。PLC 中相当于继电器系统中的中间继电器、时间继电器、计数器等编程元件,虽数量巨大,但却是用程序(软接线)代替硬接线,因而设计安装接线工作量小。

3. PLC 的应用领域

PLC 的应用十分广泛,有多种分类方法,从被控物理量的角度将其应用领域概括为如下几个方面。

(1)开关量控制。开关量控制又称数字量控制,是在以单机控制为主的一些设备自动化领域中应用,比如包装机械、印刷机械、纺织机械、注塑机械、自动焊接设备、隧道盾构设备、水处理设备、切割设备、多轴磨床,冶金行业的辊压、连铸机械等,上述设备的所有动作,都需要

由依据工艺设定在 PLC 内的程序来指导执行和完成,是 PLC 最基本的控制领域。

(2)模拟量控制。模拟量控制是在以过程控制为主的自动化行业中应用,比如污水处理,自来水处理,楼宇控制,火电主控、辅控,水电主控、辅控,冶金,太阳能,水泥,石油,石化,铁路交通等,上述行业所有设备需连续生产运行,存在许多的监控点和大量的实时参数,而要监视、控制相关的工艺设备,采集这些流程参数,就必须依靠 PLC 来完成。

(3)通信和联网。PLC 的通信包括主机与远程 I/O 间的通信、多台 PLC 之间的通信、PLC 与其他智能设备(计算机、变频器、数控装置、智能仪表)之间的通信。近年来 PLC 的通信功能不断加强,PLC 已经在各类工业控制网络中发挥着巨大的作用。

1.1.2 PLC 的分类

可编程控制器具有多种分类方式,了解这些分类方式有助于 PLC 的选型及应用。

1. 根据 I/O 点数分类

根据 I/O 点数可将 PLC 分为微型机、小型机、中型机和大型机。

(1)微型机。I/O 点数小于 64 点,内存容量为 256 B ~ 1 kB。这一类 PLC 主要用于单台设备的监控,在纺织机械、数控机床、塑料加工机械、小型包装机械上运用广泛,甚至还应用在家庭。

(2)小型机。I/O 点数为 64 ~ 256 点,具有算术运算和模拟量处理、数据通信等功能。小型机的特点是价格低、体积小,适用于控制自动化单机设备,开发机电一体化产品。

(3)中型机。I/O 点数为 256 ~ 1 024 点,除了具备逻辑运算功能,还增加了模拟量输入输出、算术运算、数据传送、数据通信等功能,可完成既有开关量又有模拟量的复杂控制。中型机的特点是功能强、配置灵活,适用于具有诸如温度、压力、流量、速度、角度、位置等复杂机械以及连续生产过程控制场合。

(4)大型机。I/O 点数在 1 024 点以上,功能更加完善,具有数据运算、模拟调节、联网通信、监视记录、打印等功能。大型机的特点是 I/O 点数特别多、控制规模宏大、组网能力强,可用于大规模的过程控制,构成分布式控制系统或整个工厂的集散控制系统。

2. 根据结构形式分类

从结构上看,PLC 可分为整体式、模块式及分散式三种形式。

(1)整体式结构。这种结构 PLC 的电源、CPU、I/O 部件都集中配置在一个箱体中,有的甚至全部装在一块印刷电路板上。图 1.1 为西门子公司的 S7-200 PLC。

(2)模块式结构。这种形式的 PLC 各部分以单独的模块分开设置,如电源模块、CPU 模块、输入模块、输出模块及其他智能模块等。这种 PLC 一般设有机架底板(也有的 PLC 为串行连接,没有底板),在底板上若有若干插槽,使用时,各种模块直接插入机架底板即可。图 1.2 为西门子公司的 S7-300 PLC。一般大、中型 PLC 均采用这种结构。模块式 PLC 的缺点是结构较复杂,各种插件多,因而增加了造价。

(3)分散式结构。这种结构就是将 PLC 的 CPU、电源、存储器集中放置在控制室,而将各 I/O 模块分散放置在各个工作站,由通信接口进行通信连接,由 CPU 集中指挥。

3. 根据用途分类

根据用途,PLC 可分为通用型和专用型两种。

(1)通用 PLC,即一般的 PLC,可根据不同的控制要求,编写不同的程序,容易生产,造价

低,但针对某一特殊应用时编程困难,已有的功能用不上。

(2) 专用 PLC,即完成某一专门任务的 PLC,其指令程序是固化或永久存储在该机器上的,虽然它缺乏通用性,但执行单一任务时很快,效率很高,如电梯、机械加工、楼宇控制、乳业、塑料、节能和污水处理机械等都有专用 PLC,当然其造价也高。

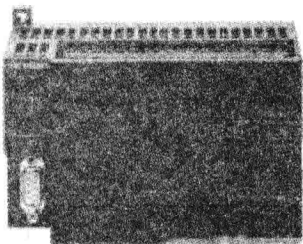


图 1.1 一体化整体式 PLC

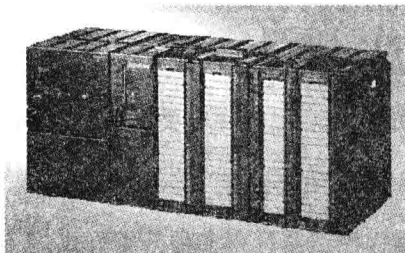


图 1.2 模块式 PLC

1.1.3 控制系统比较

1. 与继电器控制系统的比较

当继电器控制系统工艺过程改变时,其控制柜必须重新设计,重新配线,工作量相当大,有时甚至相当于重新设计一台新装置。从适应性、可靠性、安装维护等各方面比较,PLC 都有着显著的优势,因此 PLC 控制系统取代以继电器为基础的控制系统是现代控制系统发展的必然趋势。目前,超过 8 个输入输出点的电气系统就要考虑使用 PLC 了。

2. 与集散控制系统的比较

在发展过程中,PLC 与集散控制系统始终是互相渗透、互为补充。它们分别由两个不同的古典控制系统发展而来。PLC 是由继电器控制系统发展而来的,所以它在数字处理、顺序控制方面具有一定优势。集散控制系统是由单回路仪表控制系统发展而来的,所以它在模拟量处理、回路调节方面具有一定优势。到目前为止,PLC 与集散控制系统的发展越来越接近,很多工业生产过程既可以用 PLC,也可以用集散控制系统实现其控制功能。综合 PLC 和集散控制系统各自的优势,把二者有机地结合起来,可形成一种新型的全分布式的计算机控制系统。

3. 与工业控制计算机系统的比较

工业控制计算机(简称工控机)标准化程度高、兼容性强,而且软件资源丰富,特别是有实时操作系统的支持,故对要求快速、实时性强、模型复杂、计算工作量大的工业对象的控制具有优势。但是,使用工业控制计算机要求开发人员具有较高的计算机专业知识和微机软件编程能力。PLC 在工业抗干扰方面有很大的优势,具有很高的可靠性。而工控机用户程序则必须考虑抗干扰问题,一般的编程人员很难考虑周全。尽管现代 PLC 在模拟量信号处理、数值运算、实时控制等方面有了很大提高,但在模型复杂、计算量大且计算较难、实时性要求较高的环境中,工业控制计算机则更能发挥其专长。

1.1.4 发展趋势

目前,PLC 的市场竞争十分激烈,各大公司都看中了中国这个巨大的 PLC 市场。西门子公司不断推出新的 PLC 产品,巩固和发展其领先的技术优势和市场份额。S7-200、S7-300

系列可编程控制器在中小型 PLC 市场中极具竞争力,1996 年又推出了中高档的 S7-400 系列 PLC、自带人机界面的 C7 系列 PLC、与 AT 计算机兼容的 M7 系列 PLC 等多种新产品。OMRON 公司、AB 公司、GE 公司等也都采取了各种策略,争夺中国 PLC 市场。

随着技术的发展和市场需求的增加,PLC 的结构和功能也在不断改进。生产厂家不断推出功能更强的 PLC 新产品,如 S7-300 系列 PLC 属于中型 PLC,有很强的模拟量处理能力和数字运算功能,用户程序容量达 96 kB,具有过去许多大型 PLC 才有的功能,它的扫描速度为 1 000 条指令仅 0.3 ms,超过了许多大型 PLC。总的看来,PLC 的发展趋势主要体现在以下几个方面。

(1) 网络化。网络化主要是朝集散控制系统(DCS)方向发展,使其具有 DCS 系统的一些功能。网络化和通信能力强是 PLC 发展的一个重要方面,向下将多个 PLC、多个 I/O 相连,向上与工业计算机、以太网等相连构成整个工厂的自动化控制系统。现场总线技术(Profibus)在工业控制中将会得到越来越广泛的应用。S7-300 PLC 可以通过多点接口 MPI (Multi-Point Interface)直接与多个计算机、编程器、操作员面板及其他厂家的 PLC 相连。

(2) 多功能。为了适应各种特殊功能的需要,各公司陆续推出了多种智能模块。智能模块是以微处理器为基础的功能部件,它们的 CPU 与 PLC 的 CPU 并行工作,占用主机 CPU 的时间很少,有利于提高 PLC 扫描速度和完成特殊的控制要求。智能模块主要有模拟量 I/O、PID 回路控制、通信控制、机械运动控制(如轴定位、步进电机控制)、高速计数等。由于智能 I/O 的应用,使过程控制的功能和实时性大为增强。

(3) 高可靠性。由于控制系统的可靠性日益受到人们的重视,一些公司已将自诊断技术、冗余技术、容错技术应用到现有产品中,推出了高可靠性的冗余系统,并采用热备用或并行工作。例如,S7-400 PLC 即使在恶劣的工业环境下依然可正常工作,在操作运行过程中模板还可热插拔。

(4) 兼容性。现代 PLC 已不再是单个的、独立的控制装置,而是整个控制系统中的一部分或一个环节,兼容性是 PLC 深层次应用的重要保证。例如,SIMATIC M7-300 采用与 SIMATIC S7-300 相同的结构,能用 SIMATIC S7 模块,其显著特点是与通用微型计算机兼容,可运行 MS-DOS/Windows 程序,适合于处理数据量大、实时性强的工程任务。

(5) 小型化,简单易用。随着应用范围的扩大和用户投资规模的不同,小型化、低成本、简单易用的 PLC 将广泛应用于各行各业。小型 PLC 由整体结构向小型模块化发展,增加了配置的灵活性。

1.2 PLC 工作过程

1.2.1 PLC 硬件构成

图 1.3 为 PLC 的硬件构成示意图,图中各组成部分介绍如下。

1. 中央处理器(CPU)

与一般计算机一样,CPU 是 PLC 的核心,它按机内系统程序赋予的功能指挥 PLC 有条不紊

素地工作,其主要任务如下。

(1)接收并存储从编程设备输入的用户程序和数据,接收并存储通过 I/O 部件送来的现场数据。

(2)诊断 PLC 内部电路的工作故障和编程中的语法错误。

(3)PLC 进入运行状态后,从存储器逐条读取用户指令,解释并按指令规定的任务进行数据传递、逻辑或算术运算,并根据运算结果,更新有关标志位的状态和输出映像寄存器的内容,再经输出部件实现输出控制。CPU 芯片的性能关系到 PLC 处理控制信息的能力与速度,CPU 位数越多,运算速度越快,系统处理的信息量越大,系统的性能也越好。

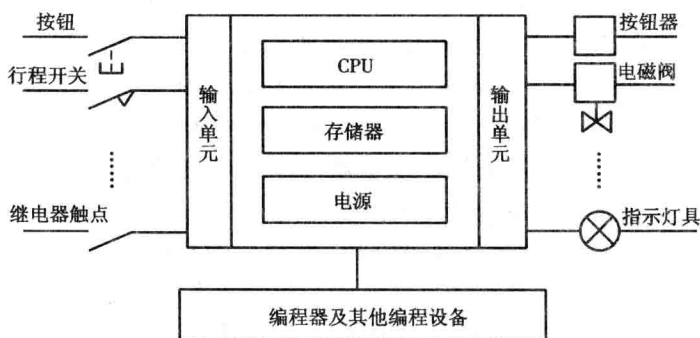


图 1.3 PLC 硬件构成示意图

2. 存储器

存储器是存放程序及数据的地方,PLC 运行所需的程序分为系统程序和用户程序,存储器也分为系统存储器和用户存储器两部分。

(1)系统存储器。系统存储器用于存放 PLC 生产厂家编写的系统程序,并固化在 ROM 内,用户不能更改。

(2)用户存储器。用户存储器包括用户程序存储区和数据存储区两部分。用户程序存储区存放针对具体控制任务用规定的 PLC 编程语言编写的控制程序,其内容可以由用户任意修改或增删。用户数据存储区用来存放用户程序中使用的 ON/OFF 状态、数值、数据等。它们被称为 PLC 的编程“软”元件,是 PLC 应用中用户使用最频繁的存储区。PLC 中存储单元的字长目前以 8 位的较多,也有 16 位及 32 位的。

3. 输入、输出接口

输入、输出接口是 PLC 接收和发送各类信号接口的总称。它包括主要用于连接开关量的输入接口、输出接口,以总线形式出现的总线扩展接口及以通信方式连接外部信号的通信接口。现分述如下。

(1)开关量输入接口。开关量输入接口用于连接按钮、行程开关、继电器触点、接近开关、光电开关、数字拨码开关及各类传感器的执行接点,是 PLC 的主要输入接口。开关量输入接口有交流输入及直流输入两种形式,图 1.4 给出了直流及交流两类输入接口的示意电路。图中虚线框内部分为 PLC 内部电路,框外为用户接线。开关量输入接口通过光电隔离电路连接存储单元的输入继电器。

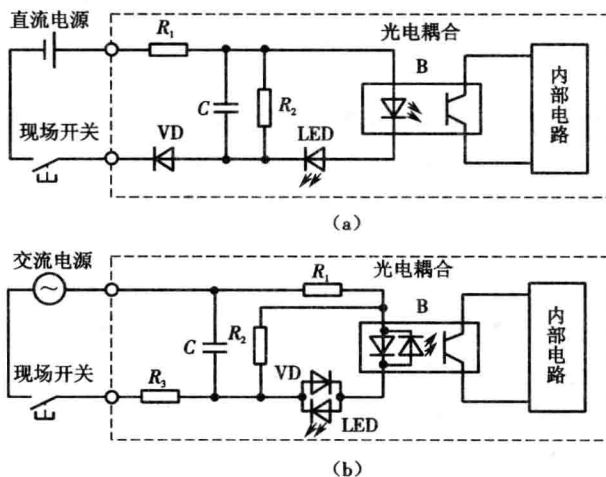


图 1.4 开关量输入单元

(a) 直流输入单元 (b) 交流输入单元

(2) 开关量输出接口。开关量输出接口用于连接继电器、接触器、电磁阀的线圈,是 PLC 的主要输出接口。根据机内输出器件的不同 PLC 开关量,输出接口通常有晶体管输出、晶闸管输出和继电器输出三种输出电路。图 1.5 分别给出了这三种电路的示意图。开关量输出接口通过隔离电路连接存储单元的输出继电器。

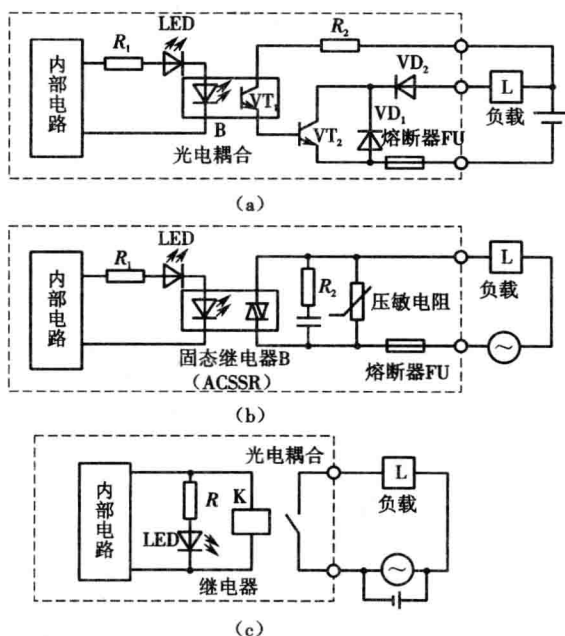


图 1.5 开关量输出单元

(a) 晶体管输出方式 (b) 晶闸管输出方式 (c) 继电器输出方式

- (3) 总线扩展接口。总线扩展接口用于连接主机的扩展单元及各类功能模块。
- (4) 通信接口。通信接口用于连接通信网络, PLC 一般配置 1~2 个 RS-485 接口。

4. 电源

小型整体式 PLC 内部设有一个开关电源, 可为机内电路及扩展单元供电 (DC 5 V), 另一方面还可为外部输入元件及扩展模块提供 24 V 的直流电源。

5. 编程器

编程器用来生成用户程序, 并进行编辑、检查、修改和监视用户程序的执行情况等。手持式编程器只能输入和编辑指令表程序, 一般用于小型 PLC 和现场调试, 由于功能限制已趋于淘汰。使用编程软件可以在计算机上直接生成和编辑程序, 且便于不同编程语言的转换, 程序可以存盘、打印等, 笔记本电脑为其开阔了更大的应用空间。

给 S7-200 PLC 编程时, 应配备一台安装有 STEP 7-Micro/WIN 的计算机和一根连接计算机 PLC 的 PC/PPI 通信电缆或 PPI 多主站电缆。

1.2.2 PLC 工作原理

PLC 是在系统程序的管理下, 依据用户程序的安排, 结合输入信号的变化, 确定输出接口的状态, 以推动输出接口上所连接的现场设备工作。当然, 这不是 PLC 工作的全部内容, 全部内容还要更复杂一些。

图 1.6 是 PLC 扫描过程示意图。从图中可知, PLC 的工作过程除了与用户程序相关的处理外还有许多内部管理工作, 如处理通信请求、故障自诊断检查等。PLC 有两种运行方式, 一种为 STOP 方式, 一种为 RUN 方式。只有运行 RUN 方式时, PLC 才执行用户程序, 并输出运算结果。STOP 及 RUN 方式的选择可以通过机器外部的开关或程序加以控制。

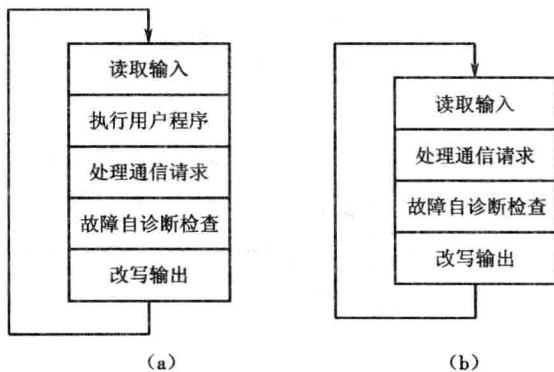


图 1.6 扫描过程

(a) RUN 状态 (b) STOP 状态

PLC 工作原理中相对于继电器电路最重要的区别是 PLC 的串行工作方式, 这里有两层含义: 一是图 1.7 中各项工作内容是分时完成的, 二是 PLC 对输入输出信号的响应不是实时的。PLC 工作过程中与控制任务最直接的 3 个阶段为输入采样、程序执行、输出刷新。

(1) 输入采样阶段。PLC 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, 此后输入映像寄存器与外界隔离, 无论输

入信号如何变化,其内容保持不变。

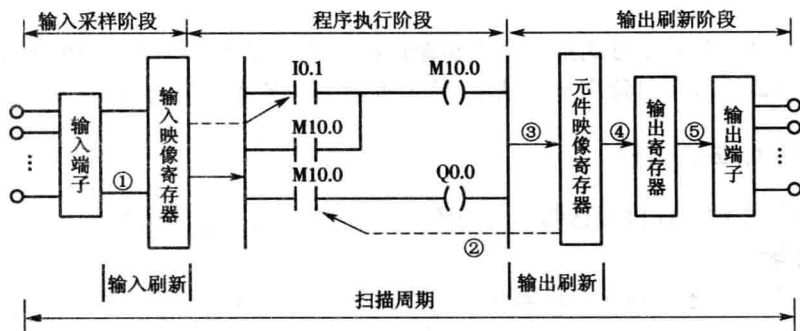


图 1.7 PLC 扫描的工作过程

(2) 程序执行阶段。PLC 根据最新读入的输入信号状态,执行一次应用程序,其结果存入元件映像寄存器中。对元件映像寄存器来说,各个元件的状态会随着程序执行过程而变化。该阶段是通过映像寄存器对输入、输出存取,而不是实际的 I/O 点,这样有利于系统的稳定运行,提高编程质量,也有助于提高程序的执行速度。

(3) 通信请求处理阶段。在通信请求处理阶段,CPU 处理从通信接口和智能模块接收到的信息,例如读取智能模块的信息并存放在缓冲区中,在适当的时候传送给通信请求方。

(4) CPU 自诊断测试阶段。自诊断测试包括定期检查 CPU 模块的操作和控制模块的状态是否正常,将监控定时器复位以及完成其他内部工作。

(5) 输出刷新阶段。在所有指令执行完毕后,一次性地将程序执行结果送到输出端子,驱动外部负载。当 CPU 的工作模式从 RUN 变为 STOP 时,数字量输出被置为系统块中的输出表定义的状态,或保持当时的状态。默认的设置是将数字量输出清零。

(6) 中断程序处理阶段。如果在程序中使用中断,中断事件发生时,CPU 停止正常的扫描工作模式,立即执行中断程序,中断功能可以提高 PLC 对某些事件的响应速度。

(7) 立即 I/O 处理阶段。在程序执行过程中使用立即 I/O 指令可以直接存取 I/O 点。用立即 I/O 指令读输入点的值时,相应的输入映像寄存器的值未被更新。用立即 I/O 指令改写输出点的值时,相应的输出映像寄存器的值被更新。

可以将以上几个阶段工作完成一遍的过程叫做一个扫描周期,其典型值为 1 ~ 100 ms, PLC 的工作就是周而复始地执行扫描周期。综合以上几个阶段的工作内容不难知道,在本扫描周期的程序执行阶段发生的输入状态变化是不会影响本周期输出的。无论是输入采样、程序执行,还是输出刷新,每一个动作都需要分时工作,并且在程序执行阶段中,指令的执行是分时的。对于梯形图程序,分时执行可理解为从左至右、从上而下执行梯形图程序的各个支路。对于指令表程序,可以理解为依指令的顺序逐条执行指令表程序。指令执行所需的时间与用户程序的长短、指令的种类和 CPU 执行指令的速度有很大关系。用户程序较长时,指令执行时间在扫描周期中占相当大的比例。

分时是计算机工作的特点,正像人在某个瞬间只能处理一件事情一样,计算机在某个瞬间只能做一个具体的动作,这就叫串行工作方式。而继电器控制系统是并行工作方式。由于 PLC 的工作速度高,整个扫描周期一般只有几十至几百毫秒,这对于一般的逻辑控制是完全

可以满足的。对于时间要求非常严格的场合,立即输入与立即输出的响应就只有靠中断来完成了。

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。CPU 从第一条指令开始,按顺序逐条地执行用户程序直至结束,然后返回第一条指令开始新一轮扫描。

1.2.3 PLC 的性能指标

PLC 的性能指标是评价和选购机型的依据,其主要有以下几个方面。

1. 存储容量

系统程序存放在系统程序存储器中。这里说的存储容量指的是用户程序存储容量,用户程序存储容量决定了 PLC 可以容纳的用户程序的长短,一般以字节(B)为单位来计算。每 1 024 B 为 1 kB。中、小型 PLC 的存储容量一般在 8 kB 以下,大型 PLC 的存储容量可达到 256 kB ~ 2 MB。也有 PLC 用存放用户程序指令的条数来表示容量,一般中、小型 PLC 存储指令的条数为 2 000 条。

2. I/O 点数

I/O 点数指输入点及输出点数之和。I/O 点数越多,外部可接入的输入器件和输出器件就越多,控制规模就越大。因此 I/O 点数是衡量 PLC 规模的指标。

3. 扫描速度

扫描速度是指 PLC 执行程序的速度。一般以执行 1 kB 所用的时间来衡量扫描速度。有些品牌的 PLC 在用户手册中给出执行各条程序所用的时间,可以通过比较各种 PLC 执行类似操作所用的时间来衡量扫描速度的快慢。

4. 编程指令的种类和数量

编程指令的种类和数量涉及 PLC 能力的强弱。一般说来编程指令种类及条数越多,处理能力和控制能力就越强。

5. 扩展能力

PLC 的扩展能力表现在对开关量输入模块、开关量输出模块、模拟量模块及智能模块的扩展上。大部分 PLC 可以用 I/O 扩展模块进行 I/O 点数的扩展,有的 PLC 可以使用各种功能模块进行功能扩展。

6. 智能模块的数量

为了完成一些特殊的控制任务,PLC 厂商都为自己的产品设计了专用的智能模块,如模拟量控制模块、定位控制模块、速度控制模块以及通信工作模块等。智能模块种类的多少和功能的强弱是衡量 PLC 产品水平高低的重要指标。各个生产厂家都非常重视智能模块的开发,近年来智能模块的种类日益增多,功能越来越强。

7. 编程器及编程软件

反映这部分性能的指标有编程器的类型(简易编程器、图形编程器或通用计算机)、运行环境(DOS 或 Windows)、编程软件及是否支持高级语言等。

8. 编程语言向高层次发展

PLC 的编程语言在原有梯形图语言、顺序功能块语言和指令表语言的基础上,正在不断丰富,并向高层次发展。

1.3 西门子 PLC 的硬件配置

1.3.1 PLC 的安装

1. PLC 的外观

图 1.8 是西门子公司 S7-200 系列 PLC 的外观示意图。S7-22X 系列 PLC 有 CPU 221、CPU 222、CPU 224、CPU 226、CPU 226XM、CPU 224XP 等型号,均为整体式机,且外观布置大体相同。由图可见,连接输入、输出器件及电源用的接线端子位于机箱顶部两侧,为了方便接线,CPU 224、CPU 226 和 CPU 226XM 机型采用可插拔整体端子。用于通信的 RS-485 接口在机身的左下部,前盖下有用于连接扩展单元的扩展接口、模式选择开关、模拟量电位器等装置。模拟电位器可用于定时器的外设定及脉冲输出等场合。

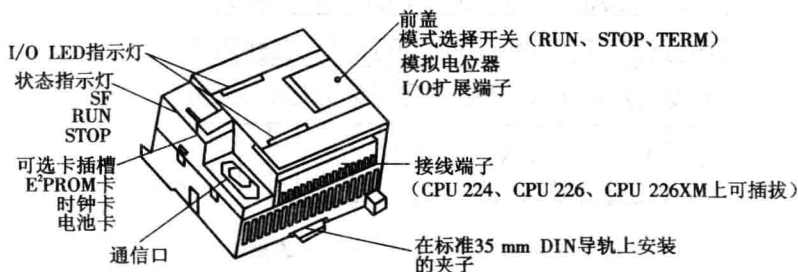


图 1.8 S7-200 系列 PLC 外观

2. PLC 的接线

PLC 在工作前必须正确地接入控制系统。与 PLC 连接的主要有 PLC 的电源线,输入、输出器件的接线,通信线,接地线。图 1.9 为西门子 S7-200 系列 PLC 中 CPU 224 AC/DC/Relay 的接线图。型号中的 AC 为本机使用交流电源,DC 指输入端用直流电源,Relay 指输出器件为继电器。

1) 电源接线

PLC 的供电通常有两种情况:一是直接使用工频交流电,通过交流输入端子接入,对电压的要求比较宽松,100~250 V 均可使用;二是采用外部直流开关电源供电,一般配有直流 24 V 输入端子。采用交流供电的 PLC 机内自带直流 24 V 内部电源,为输入器件供电。

2) 输入器件的连接

PLC 的输入器件主要有开关、按钮及各种传感器,这些都是触点类型的器件,在接入 PLC 时,每个触点的两个接头分别连接一个输入点及输入公共端。PLC 的开关量输入接线点都是螺钉接入方式,每一位信号占用一个螺钉,公共端有时是分组隔离的。开关、按钮等器件都是无源器件,PLC 内部电源能为每个输入点提供约 7 mA 工作电流,这也就限制了线路的长度。有源传感器在接入时需注意与机内电源的极性配合。模拟量信号的输入需采用专用的模拟量工作单元。