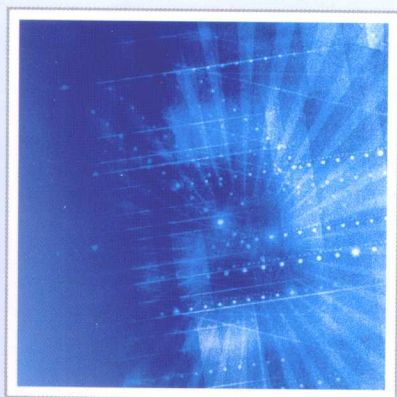




普通高等学校“十一五”规划教材



PLC 应用技术

PLC Application Technology

■ 主编 连建华 张怀广



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等学校“十一五”规划教材

PLC 应用技术

主 编 连建华 张怀广
副主编 李利珍 王相敏

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书以日本三菱公司 FX_{2N} 系列 PLC、法国施耐德公司 NEZA 系列 PLC 和西门子 S7-200 系列 PLC 为例,系统地介绍 PLC 的结构组成、工作原理、系统的资源配置、指令系统和网络组成,理论联系实际,阐述了 PLC 控制系统的设计方法和技巧,应用系统的设计与开发,并给出了许多实验实训与应用实例。

本书可作为高等院校电气和机电等相关专业的教材,也可作为应用技术培训教材或电气控制和机电一体化等领域从事 PLC 设计与开发的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 应用技术/连建华,张怀广主编. —北京:国防工业出版社,2009.9

普通高等学校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-118-06556-5

I. ①P... II. ①连... ②张... III. ①可程序控制器—高等学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 173280 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

鑫马印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 17½ 字数 438 千字

2009 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 30.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

可编程控制器简称 PLC,是专门为工业控制应用而设计的一种通用控制器,是一种以微处理器为基础,综合了计算机技术、自动控制技术、通信技术和传统的继电器控制技术而发展起来的新型工业控制装置,具有结构简单、编程容易、体积小、使用灵活方便、抗干扰能力强、可靠性高等一系列优点。近年来在工业生产的许多领域,如冶金、机械、电力、石油、煤炭、化工、轻纺、交通、食品、环保、轻工、建材等工业部门得到了广泛的应用,已经成为工业自动化的三大支柱之一。

由于可编程控制器的应用日益广泛,学习和掌握其原理与应用设计对于工业领域的广大科技工作者以及大专院校电气和机电等有关专业的学生而言很有必要。为了满足这种需要,我们在参阅、整理大量文献资料和总结多年教学、科研工作的基础上,编写了这本书。

本书在编写过程中力求由浅入深,通俗易懂,理论联系实际,既有基本的理论知识,又有实际的应用设计。目前,虽然可编程控制器的生产厂家很多,各厂家各系列的产品一般互不兼容,但其在结构组成、基本工作原理、应用设计思想、编程方法等方面大同小异。

本书以日本三菱公司 FX_{2N} 系列 PLC、法国施耐德公司 NEZA 系列 PLC 和西门子 S7 - 200 系列 PLC 为例,读者可从特殊到一般,只要熟练掌握一二种机型,就可以达到融会贯通、举一反三的效果。

本书详细介绍了可编程控制器的基本原理、指令系统 and 应用系统设计。共分九章,第一章介绍 PLC 的产生、特点、应用和发展,PLC 的系统组成,工作原理;第二章介绍 FX 系列 PLC 的构成、资源配置、指令系统、GX 编程软件的使用;第三章介绍 FX 系列 PLC 的程序设计方法及应用实例;第四章介绍三菱 PLC 综合实训以及自动生产线装置拆装与编程调试;第五章介绍 NEZA 的系列 PLC 的构成、资源配置、PL707 编程软件的使用方法;第六章介绍 NEZA 系列 PLC 的指令系统、程序设计方法及应用实例;第七章介绍组态王监控软件和工程项目开发实例。第八章介绍西门子 S7 - 200 系列 PLC 的构成、资源配置、STEP7 - Micro/WIN32 编程软件的使用方法;第九章介绍西门子 S7 - 200 系列 PLC 的指令系统、程序设计方法及应用实例。每章安排实训和习题,以便于学习和巩固。

本书由濮阳职业技术学院连建华副教授负责统稿审订、张怀广副教授负责统稿校正。其中,第一章、第二章由连建华副教授编写,第三章、第四章由王相敏编写,第五章、第六章、第七章由李利珍编写,第八章、第九章由张怀广编写。

由于时间仓促,加之水平有限,书中难免存在疏漏之处,请读者提出宝贵意见。

编 者

目 录

第一章 可编程控制器概述	1
第一节 可编程控制器的产生及定义.....	1
第二节 可编程控制器的特点及应用.....	2
第三节 可编程控制器的分类和发展.....	4
第四节 可编程控制器的基本组成和工作原理.....	6
思考与练习	12
第二章 FX 系列 PLC 的构成	13
第一节 FX 系列可编程控制器的技术指标	13
第二节 FX 系列 PLC 的内部资源分配	16
第三节 FX 系列 PLC 的基本逻辑指令	25
第四节 FX 系列 PLC 的功能指令	29
实训一 三菱 GX Developer 编程软件的使用	43
思考与练习	51
第三章 FX 系列 PLC 的程序设计方法	54
第一节 梯形图的分析设计法	54
实训二 三相异步电动机星形—三角形启动控制电路设计 1	58
实训三 三速异步电动机控制电路设计	59
实训四 洗衣机控制电路设计	60
第二节 顺序功能图的设计	62
实训五 两种液体混料设计	70
第三节 功能指令的应用实例	72
实训六 三相异步电动机星形—三角形启动控制设计	72
实训七 彩灯控制程序设计	73
实训八 电加热炉控制程序设计	73
实训九 机械手设计	73
思考与练习	77
第四章 三菱 PLC 综合实训	79
第一节 实训设备简介	79
第二节 网络控制方案	80
第三节 供料站组成及功能	83

第四节	加工站组成及功能	85
第五节	装配站组成及功能	87
第六节	分拣站组成及功能	94
第七节	搬运站组成及功能	98
第八节	实训任务	101
第五章	NEZA 系列 PLC 的构成	104
第一节	NEZA 系列 PLC 的构成	104
第二节	NEZA 系列 PLC 的性能	105
第三节	NEZA 系列 PLC 的内部资源分配	106
第四节	NEZA 系列 PLC 的输入、输出扩展	108
实训十	编程软件- PL707WIN 的使用	110
	思考与练习	118
第六章	NEZA 系列 PLC 的指令系统	119
第一节	NEZA 系列 PLC 指令系统概述	119
第二节	布尔指令	122
第三节	常用功能块指令	126
第四节	程序控制指令	135
第五节	数据处理指令	139
第六节	专用功能块指令	148
第七节	NEZA 系列 PLC 的扩展功能	159
实训十一	抢答器	161
实训十二	交通信号灯控制	163
实训十三	数字闪烁	165
	思考与练习	166
第七章	组态王 6.02 软件	168
第一节	组态王软件的组成	168
第二节	工业现场数据监控系统的建立	170
第三节	组态王监控工程项目开发实例	172
实训十四	天塔之光	184
实训十五	电动机正反转	185
	思考和练习	187
第八章	S7 - 200 系列 PLC	188
第一节	S7 - 200 系列 PLC 介绍	188
第二节	S7 - 200 系列 PLC 数据存储区及元器件功能	190
第三节	数据存储类型及寻址方式	194
第四节	S7 - 200 系列 PLC 有效编程范围	197

第五节 输入、输出扩展	199
实训十六 STEP7 – Micro/WIN32 编程软件的使用	202
思考与练习	208
第九章 S7 – 200 系列 PLC 的指令系统	209
第一节 基本逻辑指令	209
第二节 程序控制类指令	222
第三节 算术与逻辑运算指令	230
第四节 数据处理指令	236
第五节 常用功能指令	240
实训十七 电动机正反转的 PLC 控制	259
实训十八 电动机 Y/△起动的 PLC 控制	262
实训十九 数码管循环点亮的 PLC 控制	264
实训二十 皮带运输机的 PLC 控制	266
实训二十一 自动交通灯的 PLC 控制	268
实训二十二 功能指令实现数码管循环点亮	270
思考与练习	272
参考文献	274

第一章 可编程控制器概述

第一节 可编程控制器的产生及定义

一、可编程控制器的产生

当人类历史跨入 20 世纪 60 年代以后,工业生产随着市场的转变,开始由大批量少品种的生产转变为小批量多品种的生产。在这种转换过程中,继电控制系统的许多固有弊端越发显得突出,成为了生产转换的一大障碍。如继电控制系统中,使用了大量的机械触点,系统的可靠性较差;功能局限性大、体积大、耗能多,特别在生产工艺要求发生变化时,控制柜内的元件和接线也必须作相应的改造,这种改造的工期长,费用高,有的用户宁愿扔掉旧的控制柜,另外制作一台新的控制柜,也不愿改造旧的控制柜。市场所需的“柔性”生产线呼唤新型控制系统的诞生。

1969 年,著名的美国数字设备公司(DEC 公司)根据美国通用汽车公司的要求,首先研制成功了世界上第一台可编程控制器 PDD14,并在通用汽车公司汽车生产线上首次应用成功。它最初目的只是为了取代继电控制系统,采用存储器存储程序指令来完成顺序控制,所以仅有逻辑运算、计时、计数等顺序控制功能,只能用于开关量控制。尽管当初的可编程控制器功能较少,但它毕竟将继电控制系统的硬接线逻辑转变成了计算机的软件逻辑编程,把继电控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点和计算机的功能完备、灵活、通用等优点结合起来,基本上解决了继电控制系统在可靠性、灵活性、通用性方面存在的难题,并且使不熟悉计算机的人也能方便地使用。因此,这项新技术很快就迅速发展起来。

1971 年,日本首先从美国引进这项新技术,研制成功了日本第一台可编程控制器 DSC8。1973 年,西欧国家也研制出他们的第一台可编程控制器。1974 年,我国开始研制自己的可编程控制器。

由于早期的可编程控制器在功能上只能实现逻辑控制、定时、计数等功能,故最早称为可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller),简称为 PLC。20 世纪 70 年代后期,随着微电子技术、大规模集成电路及微型计算机的发展,许多生产厂家开始采用微处理器作为可编程逻辑控制器的中央处理单元,使它不仅具有逻辑控制功能,而且具有数据运算、传送与处理功能和对模拟量的控制功能。

二、可编程控制器的定义

1982 年 11 月,国际电工委员会(International Electrical Committee, IEC)颁布对可编程控制器的定义,即“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。它采用可程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、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形成一个整体、易于扩充功能的原则

设计。”

定义强调了可编程控制器直接应用于工业环境,必须具有很强的抗干扰能力、广泛的适应能力和应用范围。这是区别于一般微机控制系统的一个重要特征。

上述定义也表明可编程控制器内部结构和功能都类似于计算机,它是“专为在工业环境下应用而设计”的工业计算机。

第二节 可编程控制器的特点及应用

一、可编程控制器的特点

可编程控制器是专为在工业环境下应用而设计的工业计算机,其出现后就受到普遍重视,发展也十分迅速,在工业自动控制系统中占有极其重要的地位。它与现有的各种控制方式相比较,具有如下优点:

1. 可靠性高

可编程控制器的平均无故障时间长达 30 万 h,也就是说一台可编程控制器可连续运行 30 多年不出故障,到目前为止尚无任何一种工业控制系统的可靠性能达到和超过 PLC。为了能够具备这样的可靠性,开发 PLC 时,在硬件方面采用了屏蔽、滤波、电源调整与保护、隔离及模块结构等措施来增加 PLC 的可靠性;在软件方面,设置了自诊断、警戒时钟 WDT、信息保护和恢复等措施;此外,PLC 采用周期扫描、集中采样、集中输出的工作方式也极有效地提高了自身的抗干扰能力。总之,采取这些措施之后,使 PLC 具有了极高的可靠性和很强的抗干扰能力,被誉为“不会损坏的仪表”。

2. 控制程序可变,具有很好的柔性

在生产工艺流程改变或设备更新,需要改变控制功能时,PLC 往往不必改变硬件设备,只需改变一下应用程序就可以达到目的。所以,从这个意义上说,它具有很突出的柔性控制能力,此能力正是目前企业“小批量、多品种”产品所强烈要求的。正因为这样,PLC 在柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)以至于工厂自动化(FA)中被大量采用。

3. 编程方法简单易学

目前,对大多数 PLC 编程采用的都是与继电控制电路相似的梯形图,它形象直观,易学易懂,因此受到了普遍欢迎。PLC 还针对具体问题,开发了顺序功能图语言,简化了复杂控制系统的编程。上述编程方式,与目前微机控制中常用的汇编语言相比,更容易被操作人员接受。

4. 功能强,性能价格比高

现代 PLC 内部有成百上千个内部继电器、几十个特殊继电器、许多数据寄存器、几十到几百个定时器和计数器,还开发了几十到几百条功能指令,所以它不仅具有逻辑运算、定时、计数、顺控等功能,还具有较强的数值处理功能、模拟量输入输出处理功能、通信联网功能等;此外,还能扩展位置控制、运动控制等各种特殊功能的智能模块。与相同功能的继电控制系统相比,它具有很高的性能价格比。

5. 体积小,质量小,能耗低

由于半导体集成电路的应用,PLC 的体积相对很小。一台收音机大小的 PLC 具有相当于 3 个 1.8m 高的继电器控制柜的功能,节电达 50% 以上。例如,FX-40MR 型 PLC 内部有

1540 个继电器、1000 个状态器、256 个定时器、235 个计数器,还有大量的数据寄存器,而其外形尺寸仅为 350mm×90mm×87mm,质量仅为 1.5kg。由此可见,PLC 是机电一体化的理想装置。

二、可编程控制器的应用

由于可编程控制器的上述特点,使其在国民经济的各个领域都得到了广泛的应用,应用范围不断扩大,主要有以下几个方面的应用:

1. 开关量逻辑控制

这是 PLC 最早也是最基本的应用。PLC 具有“与”、“或”、“非”等逻辑指令,可以实现触点和电路的串联、并联,代替继电器进行逻辑控制、顺序控制与定时控制,既可实现单机控制,也可用于多机控制及自动化生产流水线的控制,如组合机床、电梯、电镀流水线、冶金高炉的上下料以及港口码头货物的存放与提取控制等。

2. 运动控制

由于模拟量输入输出功能的实现,也由于 PLC 对数据处理功能的提高,制造商相应提供了拖动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴运动控制模块。PLC 把描述目标位置的数据送给模块,当每个轴移动时,运动控制模块能使之保持适当的速度和加速度,确保运动的平滑性。可编程控制器的运动控制功能可广泛用于各种运动机械,如金属切削机床、机器人以及电梯等。

3. 过程控制

过程控制指对温度、压力、流量和速度等模拟量的闭环控制。通过 PLC 模拟量输入、输出模块,实现模拟量(Analog)和数字量(Digital)之间的转换(A/D 或 D/A 转换),并利用 PID (Proportional—Integral—Derivative)子程序或专用的智能 PID 模块对模拟量进行闭环控制。PLC 的模拟量 PID 控制已经广泛应用于水处理、锅炉、加热炉、热处理炉、冷冻设备、酿酒以及闭环速度控制等方面。

4. 数据处理

现代的 PLC 不仅能进行数学运算、数据传送,而且能进行数据比较、数据转换和数据通信等。PLC 也能和机械加工中的数字控制(NC)及计算机数控(CNC)相结合,实现数值控制。如日本 FANUC 公司的 System10、11、12 系列已经将 CNC 功能作为 PLC 的一部分。通过窗口软件,用户可以独自编程,实现 PLC 和 CNC 设备之间内部数据自由传递。预计今后几年 CNC 系统将变成以 PLC 为主体的控制和管理系统。一般说来,数据处理常用于较复杂的大型控制系统,如无人柔性制造系统等。

5. 通信联网

PLC 的通信包括基本单元与远程 I/O 之间的通信、PLC 之间的通信、PLC 和智能设备(如计算机、变频器、数控设备等)之间的通信。为了适应新兴起的工厂自动化(FA)、柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)发展的需要,近几年开发的 PLC 都加强了通信功能。作为实时控制系统,PLC 数据通信速率要求高,并且要考虑出现停电、故障时的对策等。PLC 之间、PLC 和其他智能设备之间都采用光纤通信多级传递。I/O 模块按各自功能放置在生产现场分散控制,然后采用网络连接构成分布式控制系统。

第三节 可编程控制器的分类和发展

一、可编程控制器的分类

1. 按 I/O 点数和存储器容量分类

1) 小型 PLC

I/O 点数在 256 点以下,用户程序存储器容量在 2000 步以下的可编程控制器称为小型 PLC。其中 I/O 点数小于 64 点的 PLC 又称为超小型或微型 PLC。属于小型 PLC 的外国产品型号有日本松下电工 FP1 系列、日本三菱 FX 系列和日本欧姆龙 C40P 系列、美国艾伦-布拉德利(Allen-Bradley, A-B)公司的 SLC-500 型以及德国西门子公司 S5-95U 型、法国 TE 公司的 TSX17-20 型等。

2) 中型 PLC

I/O 点数在 256 点~2048 点之间,用户程序存储器容量在 2000 步~8000 步之间的可编程控制器称为中型 PLC。型号有日本三菱公司的 A1 系列、日本日立公司的 H-200 型、美国 A-B 公司的 PLC2/80 型等。

3) 大型 PLC

I/O 点数在 2048 点之上,用户程序存储器容量达 8000 步之上的可编程控制器称为大型 PLC,型号有美国 A-B 公司的 PLC-3 型, I/O 点数有 8192 个;德国西门子公司 S5-155U 型, I/O 点数有 10000 个,具有多个处理器;此外还有日本富士的 NJ 系列、美国通用的 GEVIP 系列等。

2. 按结构形式分类

1) 整体式 PLC

整体式 PLC 又称单元式或箱体式 PLC,是目前使用最普遍的一种形式。它是将电源、CPU、V₀ 模块及存储器等各个部分都集中在一个机壳内,通常称为基本单元,它具有结构紧凑、体积小、价格低的特点,可直接安装在机床或电气控制柜中。小型 PLC 多采用这种结构,它一般用扁平电缆与扩展单元和模拟量单元、位置控制单元等各种特殊功能模块相连接,使整体式 PLC 功能得以扩展。

2) 模块式 PLC

模块式 PLC 又称积木式 PLC,它是将 PLC 各组成部分按功能的不同做成独立的模块,如电源模块、CPU 模块、I/O 模块及各种功能模块,然后安装于同一块基板或框架上。这种结构配置灵活,装配方便,便于扩展和维修,一般大中型 PLC 常采用这种结构。

3) 叠装式 PLC

这种结构将整体式结构紧凑和模块式结构配置灵活的特点结合起来,其 CPU、电源等单元也为各自独立的模块,但安装不用基板,而用电缆进行连接,且各模块可以一层一层地叠装。

3. 按功能分类

1) 低档机

低档机具有逻辑运算、计时、计数、移位以及自诊断、监控等基本功能,主要用于顺序控制、逻辑控制或少量模拟量的单机控制系统。

2) 中档机

中档机除具有低档机的功能外,还具有较强的模拟量处理、数值运算、数值的比较与传送、远程 I/O 及联网通信等功能。有些中档机还可增设中断控制、PID 控制等功能,适用于复杂的控制系统。

3) 高档机

高档机除具有中档机的功能外,增设有带符号算术运算、矩阵运算、位逻辑运算(置位、清零、右移、左移)及其他特殊功能运算,如制表、表格传送等功能。高档机具有更强的通信联网能力,可用于远程大规模过程控制,构成分布式网络控制系统,实现工厂自动化。

二、可编程控制器的发展

1. PLC 发展概况

自从美国 DEC 公司 1969 年研制成功世界上第一台可编程控制器到现在,PLC 技术得到了飞速的发展,在美国、日本、德国、法国等工业发达国家已发展成为重要的产业,PLC 产品已成为工业领域中占主导地位的基础自动化设备,在国际市场上成为备受欢迎的畅销产品,用 PLC 设计自动控制系统已成为一种世界潮流。PLC 技术、ROBOT 技术、CAD/CAM 已成为实现工业生产自动化的三大支柱,其中 PLC 作用位居首位。PLC 技术代表着当前程序控制的世界先进水平,PLC 装置已成为自动化系统的基本装置,是构成 FMS、CIMC、FA 的主控单元。为促进 PLC 的国产化,提高产品质量,我国机械电子工业部于 1988 年组织了包括 PLC 产品在内的工业控制计算机机型优选工作,机械电子工业部下属的北京机械工业自动化研究所承担了 PLC 产品的评优测试工作。依据国际电工委员会(IEC)的有关标准要求,经过严格测试试验,评选出 6 个产品荣获首届优选 PLC 机型的称号。除此之外,国内还有不少工厂企业开发、生产或合作生产 PLC,但目前仍远远不能满足国内市场需求,国内 PLC 市场主要以国外进口机为主。国外 PLC 主要生产厂家有几百家,各个生产厂家生产的 PLC 型号均不统一,基本性能也有较大差别。世界上知名的 PLC 生产厂家有:美国通用电气(General Electric,GE)公司、美国 A-B 公司、日本三菱电机公司、日本富士电机公司、日本欧姆龙公司、德国西门子公司、德国通用电气(AGE)公司、法国 TE 公司。

目前,PLC 的产品多达数百种,厂家遍布世界各地,不同地域、不同厂家的产品在使用上相差甚远,甚至同一厂家不同系列的产品在编程语言和编程方法上也有较大差异。尽管几乎所有的 PLC 厂家都表示在将来完全支持 IEC 在 1994 年 5 月公布的 PLC 标准中的 IEC1131-3 标准,但是不同厂家的产品之间的程序转换仍有一个过程。所以企图学会一种 PLC 的使用,就能一通百通地使用其他型号的 PLC 是不现实的。我们须从目前国内 PLC 的使用情况出发,用归类的方法寻找一种典型机型学习,这样才能具有代表性。

目前世界的 PLC 市场基本上被国外几个制造商所垄断。从国内市场使用情况来看,进口大中型 PLC 以美国和欧洲产品为主,小型 PLC 以日本产品为主。前者数量较少,后者数量较多。考虑到绝大多数电气工程技术人员面对的是小型机使用问题,故本书采用国内市场具有较高性能价格比的日本三菱公司近年推出的 FX_{2N} 系列进行介绍。

2. PLC 技术发展动向

1) 规模上向大小两头发展

大型 PLC 出现了 I/O 点数多达 14336 点的超大型 PLC,使用 32 位微处理器、多 CPU 并行工作和大容量存储器,趋势向高性能、高速度、大容量发展,有的 PLC 产品扫描速度达 0.15 μ s/条基本指令,用户程序存储器容量最大达几十兆字节。另一方面,小型 PLC 向微型

化、多功能、实用性发展,有些可编程控制器的体积非常小,被称为“手掌上的可编程控制器”。如三菱公司 FX 系列可编程控制器与以前的 F1 系列可编程控制器相比较,其体积只有后者的 1/3 左右;而美国 A-B 公司的 Micrologix1000 系列只有随身听大小。由于可编程控制器向微型化发展,其应用已不仅仅局限在工业领域。如 1999 年三菱公司推出的 ALPHA 系列就是面向民用的超小型 PLC,采用整体式结构,I/O 点数为 6、10 和 20,广泛应用于楼宇自动化、家庭自动化和商业领域。

2) 编程语言向标准化靠拢

与个人计算机相比较,PLC 的硬件、软件体系结构都是封闭的,各个厂家的 CPU 和 I/O 模块相互不能通用,各个公司的总线、通信网络和通信协议一般也是专用的。尽管各种系列主要以梯形图编程,但具体的指令系统和表达方式并不一致,即使一个公司的不同系列也是如此,如三菱的 F1 系列和 FX 系列,不同系列的可编程控制器互不兼容。为了解决这个问题,IEC(国际电工委员会)于 1994 年 5 月公布了可编程控制器标准(IEC1131),其中的第三部分(IEC1131—3)是编程控制器的编程语言标准。IEC1131—3 标准使用户在使用新的可编程控制器时,可以减少重新培训的时间,而对于厂家来说,使用此标准则可以减少产品开发的时间,从而可以拿出更多的精力去满足用户的特殊要求。标准中规定了 5 种标准语言,其中梯形图(Ladder Diagram)和功能块图(Function Block Diagram)为图形语言,指令表(Instruction List)和结构文本(Instruction Text)为文字语言,还有一种结构块控制程序流程图(Sequential Function Chart,又称为顺序功能图)。本书主要介绍梯形图、顺序功能图和指令表 3 种语言。

3) 输入输出模块智能化和专用化

模块本身具有 CPU,可与 PLC 主机并行操作,在可靠性、适应性、扫描速度和控制精度等方面都对 PLC 作了补充。例如智能通信模块、语音处理模块、智能 PID 控制模块、专用数控模块、智能位置控制模块等。

4) 网络通信功能标准化

由于可以用 PLC 构成网络,所以各种个人计算机、图形工作站等可以作为 PLC 的监控主机和工作站,能够提供屏幕显示、数据采集、记录保持以及信息打印等功能。

5) 控制与管理功能一体化

在一台控制器上同时实现控制功能和信息处理功能。美国 A-B 公司的新产品 PYRAMID INTEGRATOR,首次将 PLC、机器视觉和信息处理器结合在一起,具有基础自动化、过程自动化以及信息管理等多层次功能,适用于工业自动化系统。PLC 产品广泛采用计算机信息处理技术、网络通信技术和图形显示技术,使得 PLC 系统的生产控制功能和信息管理功能融为一体,进一步提高了 PLC 的功能,更好地满足了现代化大生产的控制与管理的需要。

第四节 可编程控制器的基本组成和工作原理

由 PLC 的定义已知,它实质上是一种为工业控制而设计的专用计算机,所以尽管可编程控制器的品种繁多,结构、功能多种多样,但系统组成和工作原理基本相同。概括起来,系统都是由硬件和软件两大部分组成,都是采用集中采样、集中输出的周期性循环扫描方式进行工作。

一、可编程控制器的硬件组成

可编程控制器的硬件由微处理器、存储器、I/O 接口电路、电源、扩展接口、外设接口及编

程器等组成。图 1-1 所示为可编程控制器的硬件简化框图。

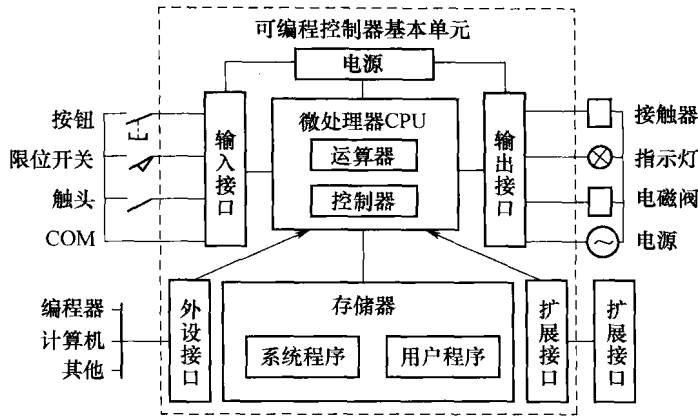


图 1-1 可编程控制器的硬件简化框图

1. 微处理器(CPU)

PLC 中所用 CPU 随机型的不同而有所不同,一般有几类芯片:

(1) 通用微处理器。常用 8 位机和 16 位机,如 Intel 公司的 8080、8086、8088、80186、80286、80386, Motorola 的 6800、68000 型等。低档 PLC 用 Z80A 型微处理器作 CPU 较为普遍。

(2) 单片机。常用的有 Intel 公司的 MCS48/51/96 系列芯片。由单片机作 CPU 制成的 PLC 体积小,同时逻辑处理能力、数值运算能力都有很大提高,增加了通信功能,这为高档机的开发和应用及机电一体化创造了条件。

(3) 位片式微处理器。美国 1975 年推出的 AMD2900/2901/2903 系列双极型位片式微处理器广泛应用于大型 PLC 的设计。它具有速度快、灵活性强和效率高等优点。

在小型 PLC 中,大多采用 8 位通用微处理器和单片机芯片;在中型 PLC 中,大多采用 16 位通用微处理器或单片机芯片;在大型 PLC 中,大多采用双极型位片式微处理器。在高档 PLC 中,往往采用多 CPU 系统来简化软件的设计、进一步提高其工作速度。CPU 的结构形式决定了 PLC 的基本性能。

CPU 是 PLC 的核心组成部分,在 PLC 系统中它通过地址总线、数据总线和控制总线与存储器、I/O 接口等连接,在整个系统中起到类似人体神经中枢的作用,来协调控制整个系统。它根据系统程序赋予的功能完成以下任务:

(1) 接收并存储从个人计算机(PC)或专用编程器输入的用户程序和数据。

(2) 诊断电源、内部电路工作状态和编程过程中的语法错误。

(3) 进入运行状态后,用扫描方式接收现场输入设备的检测元件状态和数据,并存入对应的输入映像寄存器或数据寄存器中。

(4) 进入运行状态后,从存储器中逐条读取用户程序,经命令解释后,按指令规定的功能产生有关的控制信号,去启闭有关的控制门电路;分时、分渠道地进行数据的存取、传送、组合、比较和变换等操作,完成用户程序中规定的逻辑或算术运算。

(5) 依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,再由输出映像寄存器的位状态或数据寄存器的有关内容实现输出控制、制表、打印或数据通信等功能。

2. 存储器

可编程控制器的存储器按用途可分为以下两种:

(1) 系统程序存储器。用来固化 PLC 生产厂家在研制系统时编写的各种系统工作程序。系统程序相当于个人计算机的操作系统,决定了 PLC 具有的基本智能,不同厂家、不同型号的 PLC 系统程序也不相同,但都在不断地加以改进,以提高性价比,增强市场竞争力。可编程控制器厂家常用只读存储器 ROM 或可擦除可编程只读存储器 EPROM 来存放系统程序。

(2) 用户存储器。用来存放从编程器或个人计算机输入的用户程序和数据,因而又包括用户程序存储器和数据存储器两种。用户存储器的内容由用户根据控制需要可读可写,可任意修改、增删;另一方面在一定时期内又具有相对稳定性,所以适宜使用 EPROM、EEPROM、FLASHMEMORY 或带后备电池的 CMOSRAM 来储存用户程序。在 PLC 技术指标中的内存容量就是指用户存储器容量,是 PLC 的一项重要指标,内存容量一般以“步”为单位。

3. I/O 接口电路

实际生产过程中,PLC 控制系统所需要采集的输入信号的电平、速率等是多种多样的,系统所控制执行机构需要的电平、速率等更是千差万别,而 PLC 的 CPU 所能处理的信号只能是标准电平,所以必须设计输入输出电路来完成电平转换、速度匹配、驱动功率放大、电气隔离、A/D 或 D/A 变换等任务。它们相当于系统的眼、耳、手,是 CPU 和外部现场联系的桥梁。总之,输入输出电路是将外部输入信号转换成 CPU 能接受的信号,将 CPU 的输出信号转换成需要的控制信号去驱动控制对象,从而确保整个系统的正常工作。

(1) 输入接口电路。内部电路按电源性质分 3 种类型:直流输入电路,交流输入电路和交直流输入电路。为保证 PLC 能在恶劣的工业环境下可靠地工作,3 种电路都采用了光电隔离、滤波等措施。图 1-2 所示为某直流输入接口的内部电路和外部接线图。图中的光电耦合器能有效地避免输入端引线可能引入的电磁场干扰和辐射干扰;光敏管输出端设置的 RC 滤波器能有效地消除开关类触点输入时抖动引起的误动作,但 RC 滤波器也会使 PLC 内部产生约 10ms 的响应滞后(有些 PLC 某几个输入点的滤波常数可以通过软件来设定)。可见,可编程控制器是以牺牲响应速度来换取可靠性,而这样所具有的响应速度在工业控制中是足够的。

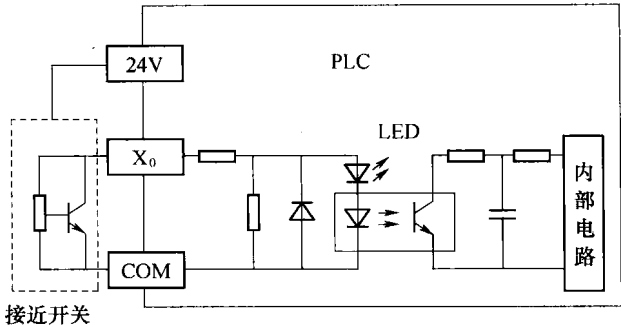


图 1-2 某直流输入接口的内部电路和外部接线图

外部电路主要是指输入器件和 PLC 的连接电路。输入器件大部分是无源器件,如常开按钮、限位开关、主令控制器等。随着电子类电器的兴起,输入器件越来越多地使用有源器件,如接近开关、光电开关、霍尔开关等。有源器件本身所需的电源一般采用 PLC 输入端口内部所提供的直流 24V 电源(容量允许的情况下,否则需外设电源)。当某一端口的输入器件接通有信号输入时,PLC 面板上对应此输入端的发光二极管(LED)发光。有的 PLC 外部电路所需电源由 PLC 内部提供(如 FX_{2N}系列),但有的 PLC 外部电路需外界提供电源(如 C28P 系列)。

(2) 输出接口电路。每种系列可编程控制器的输出接口电路按输出开关器件来分有以下

3 种方式:

① 继电器输出方式。由于继电器的线圈与触点在电路上是完全隔离的,所以它们可以分别接在不同性质和不同电压等级的电路中。利用继电器的这一性质,可以使可编程控制器的继电器输出电路中内部电子电路与可编程控制器驱动的外部负载在电路上完全分割开。由此可知,继电器输出接口电路中不再需要隔离。实际中,继电器输出接口电路常采用固态电子继电器。其电路如图 1-3 所示。图中与触点并联的 RC 电路用来消除触点断开时产生的电弧。由于继电器是触点输出,所以它既可以带交流负载,也可以带直流负载。

继电器输出方式最常用,其优点是带载能力强,缺点是动作频率与响应速度慢(响应时间 10ms)。

② 晶体管输出方式。其电路如图 1-4 所示,输出信号由内部电路中的输出锁存器给光电耦合器,经光电耦合器送给晶体管。晶体管的饱和导通状态和截止状态相当于触点的接通和断开。图中稳压管能够抑制关断过电压和外部浪涌电压,起到保护晶体管的作用。由于晶体管输出电流只能一个方向,所以晶体管输出方式只适用于直流负载。其优点是动作频率高,响应速度快(响应时间 0.2ms),缺点是带载能力小。

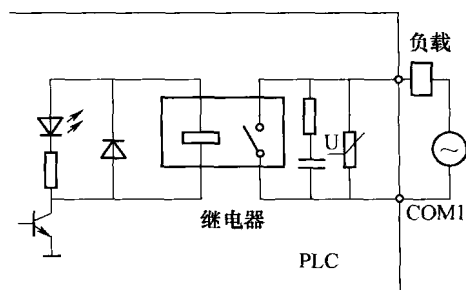


图 1-3 继电器输出接口电路

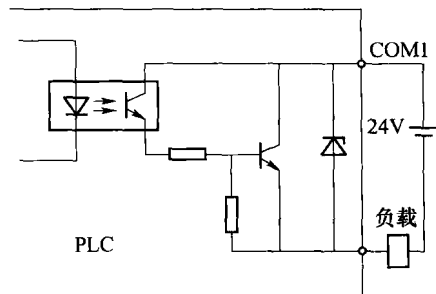


图 1-4 晶体管输出接口电路

③ 晶闸管输出方式。其电路如图 1-5 所示,晶闸管通常采用双向晶闸管,双向晶闸管是一种交流大功率器件,受控于门极触发信号。可编程控制器的内部电路通过光电隔离后去控制双向晶闸管的门极。晶闸管在负载电流过小时不能导通,此时可以在负载两端并联一个电阻。图中 RC 电路用来抑制晶闸管的关断时过电压和外部浪涌电压。由于双向晶闸管为关断不可控器件,电压过零时自行关断,因此,晶闸管输出方式只适用于交流负载。其优点是响应速度快(关断变为导通的延迟时间小于 1ms,导通变为关断的延迟时间小于 10ms),缺点是带载能力不大。

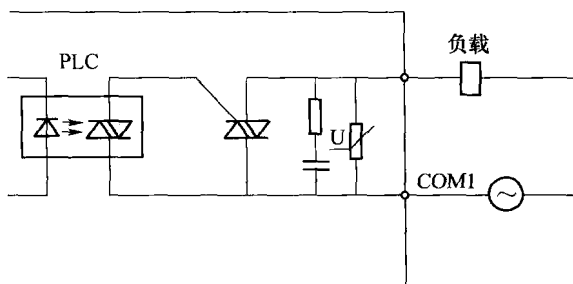


图 1-5 晶闸管输出接口电路

4. 电源

PLC 根据型号的不同,有的采用交流供电,有的采用直流供电。交流一般为单相 220V (有的型号采用交流 100V,如 FX_{2N}-48ER-UA1),直流一般为 24V。PLC 对电源的稳定度要求不高,通常允许电源额定电压在 +10%~-15% 范围内波动,如 FX_{ON}-60MR 的电源要求为 AC 85V~264V。许多可编程控制器为输入电路和外部电子检测装置(如光电开关等)提供 24V 直流电源,而 PLC 所控制的现场执行机构的电源,则由用户根据 PLC 型号、负载情况自行选择。

5. 编程器

编程器是由键盘、显示器、工作方式选择开关及外存插口等部件组成的 PLC 的重要外设,是人机对话的窗口。它的作用是用来编写、输入、编辑用户程序,也可以在线监视可编程控制器运行时各种元器件的工作状态,查找故障,显示出错信息。

编程器分为简易编程器和图形编程器。前者只能输入和编辑指令表程序,因此又叫指令编程器。它体积小,使用方便且价格便宜,缺点是不能输入和编辑梯形图程序,不够直观,所以一般用来给小型可编程控制器编程,或用于可编程控制器控制系统的现场调试和维修。后者实质上是独立的专用计算机系统,有多种功能和多个接口,可以脱机直接生成和编辑梯形图程序,能监视全部程序的运行。它使用起来更加直观、方便,但由于价格较高,一般只用于大型复杂控制系统。

二、可编程控制器的工作原理

1. 扫描工作方式

可编程控制器工作时,它的 CPU 每一瞬间只能做一件事,也就是说一个 CPU 每一时刻只能执行一个操作而不可能同时执行多个操作。CPU 按分时操作方式来顺序处理各项任务。PLC 对许多需要处理的任务依次按规定顺序进行访问和处理的工作方式称为扫描工作方式。用户程序所用到的 PLC 各种软继电器是按各自程序号大小在时间上串行工作的,但由于 CPU 运算速度极高,宏观上给人一种似乎是同时完成的感觉。而前面所讲的继电控制系统中,各器件在时间上显然是并行工作的,两个控制系统有着根本的不同。

由于采用了上述工作方式,PLC 的输入/输出响应速度相对于 MC(微机)来说有较大的滞后性(一般为毫秒级,而 MC 为微秒级),因此 PLC 工作时输入接口电路的检测器件状态发生变化未必能被 PLC 立即监测到,也许要等到下一个扫描周期的集中采样阶段才能对其变化作出反应。但由于 PLC 的扫描周期一般只有十几毫秒,所以 PLC 控制系统可以满足绝大多数工业控制的需要。有些工业控制(比如高速电梯等)对输入/输出响应速度要求比较高,为此有的 PLC 指定了特定的输入输出端口以中断的方式进行工作,以满足这些特殊需要。

2. 循环扫描周期

可编程控制器中 CPU 的扫描过程也就是 PLC 的工作过程,型号不同的可编程控制器的扫描过程有所差异,典型的扫描工作过程如图 1-6 所示。由图可知,可编程控制器有两种基本的工作状态:RUN 状态(运行状态)和 STOP 状态(停止状态)。当处于停止状态时,只重复进行内部处理和通信服务等工作。处于运行状态时,从内部处理、通信服务、自诊断到输入处理、用户程序执行、输出处理,一直反复不断地重复执行,直至可编程控制器停机或转换到 STOP 状态。

在内部处理阶段,可编程控制器会进行 I/O 模块配置检查,为了消除元件状态的随机性