



21st CENTURY

实用规划教材

21世纪全国高职高专
电子信息系列实用规划教材

可编程控制器

原理及应用

(三菱机型)

主 编 张玉华 陈金艳 贾玉芬

副主编 李先山 高建明



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实用规划教材

可编程控制器原理及应用(三菱机型)

主 编 张 玉 华 陈 金 艳 贾 玉 芬
副主编 李 先 山 高 建 明



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书以三菱公司的 FX2N 系列可编程控制器为主,介绍了小型可编程控制器的基本工作原理、编程元件、指令系统、程序设计方法以及应用实例,着重讨论了一些有特色的模拟量控制及通信方面的应用。本书以实际应用为主题,便于实践教学。

本书力求由浅入深,内容通俗易懂,注重实用性,可供高级职业院校机电一体化技术、电气自动化技术等机电类专业的师生使用,也可作为广大电气技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理及应用(三菱机型)/张玉华,陈金艳,贾玉芬主编. —北京:北京大学出版社,2009.3
(21世纪全国高职高专电子信息系列实用规划教材)

ISBN 978-7-301-14469-5

I. 可… II. ①张…②陈…③贾… III. 可编程序控制器-高等学校:技术学校-教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 005922 号

书 名: 可编程控制器原理及应用(三菱机型)

著作责任者: 张玉华 陈金艳 贾玉芬 主编

策 划 编 辑: 赖 青 杨星路

责 任 编 辑: 刘 颖

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-14469-5/TH·0121

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: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787mm×1092mm 16 开本 14.5 印张 342 千字

2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷

定 价: 24.00 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

可编程控制器(简称 PLC)是继单片机、STD 总线后微机控制技术的又一里程碑,是将计算机控制技术、自动控制技术和通信技术融为一体,深受广大技术人员欢迎的新型工业控制装置。

经过 30 多年的发展,可编程控制器已经广泛应用于机械制造、冶金、建筑、化工、交通、轻工以及日常生活等各个行业。由于现在的 PLC 在数据处理、程序控制、参数调节和数据通信等方面的应用极为方便,可靠性极高,因而其在国内外工业控制领域中正迅速普及应用并高速发展。在单机和多机控制、生产线自动控制以及传统控制系统改造方面,可编程控制器被大量采用。特别是近年来,随着电子技术的发展,可编程控制器的网络通信能力不断增强,PLC 及其网络已经成为 CIMS 的重要基础,对实现现代企业的信息集成、自动化系统联网通信起到了关键性的作用。可以说,可编程控制器已经成为工业自动化的三大支柱(PLC、机器人、CAD/CAM)之一。

本书以目前国内广泛使用的日本三菱公司的高性能小型机 FX2N 系列为背景,重点介绍可编程控制器的结构、工作原理、程序设计方法和实际应用。全书由 PLC 公共基础部分,FX2N 系列 PLC 基本指令、顺序功能图与步进梯形图编程、功能指令、通信功能模块和工程设计应用等几个部分组成。此外,本书还对编程软件的使用、手持编程器的使用作出了详细的介绍。全书用大量的实例对理论内容进行讲解,注重理论知识的实际应用,可以作为高等职业院校、普通高等院校的教材使用,也可供工程人员自学和查阅资料使用。

本着以应用为主的目的,本书的理论内容由浅入深,以便于读者自学。每一部分的理论讲解完毕后都附有典型的应用实例,例如基本指令部分、顺序功能图与步进梯形图指令部分,功能指令部分、通信和模拟量模块部分均附有大量的工程应用实例,本书还对 PLC 控制系统的工程设计应用进行了讲解,从系统总体方案的设计、PLC 的选型、硬件系统的设计到程序设计以及故障的诊断等,都作出了系统的介绍,以方便学生和工程人员学习与参考。

本书第 1、2 章由潍坊教育学院的陈金艳、张玉华和高建明编写,第 3、4、5 章由陈金艳编写,第 6、8 章由甘肃畜牧工程职业技术学院的李先山编写,第 7 章由张家口职业技术学院的贾玉芬编写。全书由陈金艳统稿。

本书在编写过程中参考并引用了国内外许多专家的论文和著作,以及许多 PLC 厂家的资料,在此一并致谢!

由于作者水平有限,书中难免存在疏漏和不足,热忱欢迎广大读者批评指正。

编 者

2009 年 1 月

目 录

第 1 章 可编程控制器概述	1
1.1 可编程控制器的产生与发展	1
1.2 可编程控制器的特点	2
1.3 可编程控制器的应用	3
1.4 可编程控制器的发展前景	4
1.5 小结	5
1.6 习题	5
第 2 章 可编程控制器的结构 与工作原理	6
2.1 可编程控制器的结构组成	6
2.1.1 中央处理器(CPU 模块)	7
2.1.2 输入/输出接口 (I/O 模块)	7
2.1.3 存储器	8
2.1.4 电源模块	8
2.1.5 底板或机架	8
2.1.6 PLC 的外部设备	8
2.1.7 PLC 的通信联网设备	8
2.2 可编程控制器的工作原理	9
2.2.1 输入处理阶段	9
2.2.2 用户程序执行阶段	9
2.2.3 输出刷新阶段	10
2.3 可编程控制器的编程语言	10
2.3.1 梯形图	10
2.3.2 指令表	11
2.3.3 顺序功能图	11
2.3.4 功能块图	11
2.3.5 结构化文本	12
2.3.6 PLC 编程语言的特点	12
2.4 可编程控制器的编程器件	13
2.4.1 输入继电器(X)	13
2.4.2 输出继电器(Y)	13
2.4.3 辅助继电器(M)	13
2.4.4 定时器(T)	14
2.4.5 计数器(C)	15
2.4.6 数据寄存器(D)	18
2.4.7 状态器(S)	18
2.4.8 变址寄存器(V/Z)	19
2.4.9 指针(P/I)	19
2.4.10 常数(K/H)	20
2.5 标准、分类、性能指标 与典型产品	21
2.5.1 可编程控制器的 国家标准	21
2.5.2 可编程控制器的分类	22
2.5.3 三菱 FX2N 系列可编程 控制器的型号	22
2.5.4 可编程控制器的 性能指标	23
2.6 小结	24
2.7 习题	25
第 3 章 FX2N 系列 PLC 基本编程 指令及梯形图编程	26
3.1 FX2N 系列 PLC 基本 编程指令	26
3.1.1 逻辑取指令及线圈驱动指令 (LD、LDI、OUT)	29
3.1.2 触点串联指令 (AND、ANI)	29
3.1.3 触点并联指令(OR、ORI)	30
3.1.4 串联电路块的并联 指令(ORB)	30
3.1.5 并联电路块的串联 指令(ANB)	31
3.1.6 置位与复位指令 (SET、RST)	31
3.1.7 脉冲输出指令(PLS、PLF)	32
3.1.8 取脉冲操作指令 (LDP、LDF)	32
3.1.9 与脉冲指令 (ANDP、ANDF)	33
3.1.10 或脉冲指令(ORP、ORF)	33
3.1.11 主控及主控复位 指令(MC、MCR)	34

3.1.12 逻辑堆栈操作指令 (MPS、MRD、MPP)	34	4.4.3 大小球分选传送机械 控制系统	58
3.1.13 逻辑运算取反 指令(INV)	35	4.4.4 十字路口交通信号灯 控制程序	61
3.1.14 空操作指令(NOP)	36	4.5 小结	65
3.1.15 程序结束指令(END)	36	4.6 习题	66
3.2 梯形图编程规则	36	第5章 功能指令及应用	69
3.3 梯形图经验设计法、继电器电路 转换法与常用编程实例	37	5.1 功能指令结构与形式	70
3.3.1 梯形图经验法设计的 基本电路单元	37	5.1.1 功能指令的结构	70
3.3.2 闪烁电路实例 ——4灯循环	39	5.1.2 操作数可用元件形式	71
3.3.3 3部电动机顺序控制 程序设计实例	39	5.1.3 指令处理的数据长度	71
3.3.4 三相异步电动机Y- Δ 减压 启动控制程序设计实例	39	5.1.4 指令执行形式	71
3.4 小结	40	5.2 程序流程控制指令 (FNC00~FNC09)	72
3.5 习题	41	5.2.1 条件跳转指令(CJ)	72
第4章 顺序功能图(SFC图) 与步进梯形图编程	42	5.2.2 子程序调用指令(CALL)、子程 序返回指令(SRET)和主程序结 束指令(FEND)	73
4.1 顺序功能图与步进 梯形图概述	42	5.2.3 开中断指令(EI)、关中断 指令(DI)、中断返回指令 (IRET)	74
4.1.1 顺序功能图的基础知识	43	5.2.4 看门狗定时器指令 (WDT)	74
4.1.2 顺序功能图的画法	44	5.2.5 循环开始指令(FOR)、循环 结束指令(NEXT)	75
4.1.3 顺序功能图的执行方式	45	5.3 传送与比较指令 (FNC10~FNC19)	75
4.2 顺序功能图的结构	46	5.3.1 比较指令(CMP)	75
4.2.1 单一、重复、循环与 自复位序列结构	46	5.3.2 区间比较指令(ZCP)	76
4.2.2 选择与并行序列结构	46	5.3.3 传送指令(MOV)	76
4.2.3 跳步序列结构与多个 流程间的跳转	47	5.3.4 移位传送指令(SMOV)	78
4.3 SFC图到步进梯形图、指令表 的转换	48	5.3.5 取反传送指令(CML)	79
4.3.1 转换梯形图的一般规则	48	5.3.6 块传送指令(BMOV)	79
4.3.2 选择序列顺序功能图转换 为梯形图的方法	49	5.3.7 多点传送指令(FMOV)	80
4.3.3 并行序列顺序功能图转换 为梯形图的方法	51	5.3.8 数据交换指令(XCH)	81
4.4 步进指令编程实例分析	53	5.3.9 BCD变换、BIN变换指令 ...	81
4.4.1 简易机械手控制程序	53	5.4 运算与逻辑运算指令 (FNC20~FNC29)	82
4.4.2 自动控制门程序设计	55	5.4.1 加法指令(AND)、减法 指令(SUB)	82
		5.4.2 乘法指令(MUL)、除法 指令(DIV)	82
		5.4.3 加1指令(INC)、减1 指令(DEC)	83

5.4.4 逻辑运算指令	83	5.8.3 绝对值凸轮控制指令(ABSD)、 增量式凸轮控制指令 (INCD)	108
5.4.5 运算指令应用	84	5.8.4 示教定时器指令 (TTMR)	108
5.5 循环移位与移位指令 (FNC30~FNC39)	86	5.8.5 特殊定时器指令 (STMR)	109
5.5.1 循环右移指令(ROR)、 循环左移指令(ROL)	86	5.8.6 交替输出指令(ALT)	109
5.5.2 带进位循环右移指令(RCR)、带 进位循环左移指令(RCL)	87	5.8.7 斜坡信号输出指令 (RAMP)	110
5.5.3 位右移指令(SFTR)、 位左移指令(SFTL)	88	5.8.8 旋转工作台控制指令 (ROTC)	110
5.5.4 字右移指令(WSFR)、 字左移指令(WSFL)	89	5.8.9 数据排序指令(SORT)	110
5.5.5 先入先出指令(FIFO)、写入 指令(SFWR)、读出 指令(SFRD)	90	5.9 外部设备 I/O 指令 (FNC70~FNC79)	111
5.5.6 循环移位指令的应用	91	5.9.1 十键输入指令(TKY)	111
5.6 数据处理指令(FNC40~FNC49)	95	5.9.2 十六键输入指令(HKY)	112
5.6.1 区间复位指令(ZRST)	95	5.9.3 数字开关指令(DSW)、方向 开关指令(ARWS)	112
5.6.2 解码指令(DECO)、编码 指令(ENCO)	96	5.9.4 7 段译码指令(SEGD)	113
5.6.3 ON 状态位数总和 指令(SUM)	97	5.9.5 带锁存的 7 段码显示 指令(SEGL)	113
5.6.4 ON 状态位判断 指令(BON)	97	5.9.6 ASCII 码转换指令(ASC)、 ASCII 码打印输出 指令(PR)	113
5.6.5 平均值指令(MEAN)	98	5.9.7 BFM 读出指令(FROM)	114
5.6.6 报警器置位指令(ANS)、 报警器复位指令(ANR)	98	5.9.8 BFM 写入指令(TO)	114
5.6.7 平方根指令(SQR)、浮点 数转换指令(FLT)	99	5.9.9 外部 I/O 设备指令应用	115
5.7 高速处理指令(FNC50~FNC59)	99	5.10 外部设备 SER 指令 (FNC80~FNC89)	117
5.7.1 刷新指令(REF)	99	5.10.1 串行通信指令(RS)	117
5.7.2 滤波时间调整指令 (REFF)	100	5.10.2 八进制位传送指令 (PRUN)	117
5.7.3 矩阵输入指令(MTR)	100	5.10.3 HEX 转换为 ASCII 码指令 (ASCI)、ASCII 码转换为 HEX 指令(HEX)、校检码 指令(CCD)	118
5.7.4 高速区间比较指令 (HSZ)	101	5.10.4 电位器值读出指令(VRRD)、 电位器刻度值读出 指令(VRSC)	119
5.7.5 脉冲密度指令(SPD)、脉冲 输出指令(PLSY)、脉宽调制 指令(PWM)	101	5.10.5 PID 运算指令(PID)	119
5.7.6 可调脉冲输出指令 (PLSR)	102	5.11 浮点运算指令 (FNC110~FNC139)	120
5.8 方便指令(FNC60~FNC69)	103		
5.8.1 状态初始化指令(IST)	103		
5.8.2 数据检索指令(SER)	107		

5.11.1 二进制浮点比较指令(ECMP)	120	6.1.5 无协议通信(用 RS 指令进行数据传输)	146
5.11.2 二进制浮点区间比较指令(EZCP)	120	6.1.6 可选编程端口通信	146
5.11.3 二进制浮点数与十进制浮点数相互转换指令(EBCD、EBIN)	121	6.2 数据通信接口模块	146
5.11.4 二进制浮点数加法指令(EADD)、减法指令(ESUB)、乘法指令(EMUL)、除法指令(EDIV)	121	6.2.1 PLC 常用通信接口	146
5.11.5 二进制浮点数开方指令(ESQR)、转换为二进制整数指令(INT)、三角函数指令(SIN、COS、TAN)	122	6.2.2 开放式通信网络模块	149
5.12 数据处理指令(FNC140~FNC149)	123	6.3 模拟量输入/输出模块	150
5.13 时钟计算指令(FNC160~FNC169)	123	6.3.1 PLC 模拟量闭环控制系统基本原理	150
5.13.1 时钟数据比较指令(TCMP)	123	6.3.2 模拟量的输入模块	151
5.13.2 时钟数据区间比较指令(TZCP)	124	6.3.3 模拟量的输出模块	153
5.13.3 时钟数据加法指令(TADD)、时钟数据减法指令(TSUB)	124	6.3.4 其他模拟量输入/输出模块的功能和特点	156
5.13.4 时钟数据读入指令(TRD)、时钟数据写出指令(TWR)	125	6.3.5 可编程序控制器的输入/输出的接线方式	158
5.13.5 计时表指令(HOUR)	126	6.4 小结	158
5.14 外围设备指令(FNC170~FNC179)	126	6.5 习题	158
5.15 触点比较指令(FNC224~FNC246)	127	第 7 章 工程设计应用	160
5.16 小结	128	7.1 系统总体方案设计	160
5.17 习题	132	7.1.1 项目设计任务书的拟定	160
第 6 章 通信及其他功能模块	134	7.1.2 PLC 选型	161
6.1 FX2N 系列 PLC 的简单通信	134	7.1.3 系统方案的确定	162
6.1.1 PLC 通信基础	135	7.2 PLC 控制系统的硬件设计	162
6.1.2 N : N 网络通信	136	7.2.1 PLC 输入器件的选择	162
6.1.3 并行链接通信	141	7.2.2 PLC 输出器件的选择	162
6.1.4 计算机链接通信(用专用协议进行数据传输)	142	7.2.3 PLC 控制系统的电源与接地	162
		7.2.4 控制系统硬件技术文件的设计	163
		7.3 应用系统软件设计	164
		7.3.1 应用系统软件设计的一般步骤	164
		7.3.2 应用程序的设计方法	165
		7.3.3 PLC 系统故障自诊断程序的设计	168
		7.4 系统维护与诊断	169
		7.4.1 系统检查与维护	169
		7.4.2 故障诊断	170
		7.5 应用实例	172
		7.5.1 Z35 型摇臂钻床改用 PLC 控制	172
		7.5.2 C650 型普通卧式车床改用 PLC 控制	175

7.5.3 双层自动停车场 程序设计	179	8.1.6 其他操作	203
7.5.4 塑料注塑成型生产线 控制程序	188	8.2 SWOPC - FXGP/WIN - C 编程 软件的使用方法	208
7.6 小结	191	8.2.1 概述	208
7.7 习题	191	8.2.2 程序编制	211
第 8 章 编程器与编程软件的使用	192	8.2.3 程序的检查	213
8.1 FX - 20P - E 编程器的使用说明 ...	192	8.2.4 程序的上载和下载	214
8.1.1 概述	192	8.2.5 软元件的监控和强制 执行	214
8.1.2 HPP 的组成、操作面板 及主要功能	192	8.2.6 其他菜单及目录的使用	216
8.1.3 HPP 的使用说明	195	8.3 小结	217
8.1.4 HPP 的编程操作方法	195	8.4 习题	217
8.1.5 监视/测试的操作	201	参考文献	218

第 1 章 可编程控制器概述

【教学目标】

了解可编程控制器的产生、发展与应用及其优缺点。了解常用的几种可编程控制器的生产厂家及其类型。

【教学要求】

知识要点	能力要求	所占分值 (100 分)	自评分数
可编程控制器的产生与发展	了解可编程控制器的产生背景以及发展过程	25	
可编程控制器的特点	了解可编程控制器相对于其他控制方式的优缺点	25	
可编程控制器的应用	了解可编程控制器在工业以及各种生产生活领域中的应用	25	
可编程控制器的厂家	了解常用的几种可编程控制器的生产厂家及其类型	25	

【学习重点】

可编程控制器的特点与主要功用。

【工业应用知识提点】

在传统的老设备控制系统中，要完成一项控制任务，通常是由导线将电气元件连接起来，通过中间环节(继电器控制线路)来实现的，一般将这样的系统称为“继电器控制系统”。随着电气设备日新月异的发展，尤其是电子计算机的迅速发展，工业自动化控制系统中的所有设备均发生了深刻的变化，PLC(可编程控制器)就是这种变革中的产物。它是取代传统继电器控制系统的新型工业控制系统，并且有着不可比拟的优点。

继电器控制系统通过许多继电器，采用硬接线的方式来完成控制功能。其接线多而复杂，体积大、功耗大，若系统已经确定，不易改变或增加其功能。另外，继电器的触点数目有限，每只只有 4~8 对触点，因此灵活性和扩展性很差。而 PLC 控制系统采用存储器逻辑，通过编制的程序(软接线方式)来实现控制功能，只需改变存储在存储器中的程序就能改变其控制逻辑。随着现代化水平的提高，各工业企业纷纷开始用 PLC 生产、改造装备的控制系统。经过改造的控制系统接线少、体积小，并且 PLC 中每只软继电器的触点数目在理论上无限制，因此其灵活性、扩展性和稳定性都很好。

1.1 可编程控制器的产生与发展

可编程控制器(Programmable Controller, PC)，为了与个人计算机 PC(Personal Computer)相区别，常用 PLC(Programmable Logic Controller)表示。

在 20 世纪 60 年代,汽车生产流水线的自动控制系统基本上都是由继电器控制装置构成的。当时,汽车的每一次改型都直接导致继电器控制装置的重新设计和安装。随着生产的发展,汽车型号更新的周期愈来愈短,这样,继电器控制装置就需要经常地重新设计和安装,十分费时、费工、费料,甚至阻碍了更新周期的缩短。为了改变这一现状,美国通用汽车公司在 1969 年公开招标,要求用新的控制装置取代继电器控制装置,并提出了 10 项招标指标,即:①编程方便,现场可修改程序;②维修方便,采用模块化结构;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数据可直接送入管理计算机;⑥成本可与继电器控制装置竞争;⑦输入可以是交流 115V;⑧输出为交流 115V,2A 以上,能直接驱动电磁阀、接触器等;⑨在扩展时,原系统只要很小的变更;⑩用户程序存储器容量至少能扩展到 4KB。

1969 年,美国的 DEC 公司成功研制了第一台可编程控制器,投入通用汽车公司的生产线控制中,取得了极为满意的效果;1971 年,日本开始生产可编程控制器;1973 年,欧洲开始生产可编程控制器;1974 年,我国也开始生产可编程控制器。

PLC 是在传统的顺序控制器的基础上引入了微电子技术、计算机技术、自动控制技术和通信技术而形成的一代新型工业控制装置,其目的是用来取代继电器,执行逻辑、计时、计数等顺序控制功能,建立柔性的程控系统。1987 年,国际电工委员会(IEC)颁布了对 PLC 的规定:“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。它采用可编程序的存储器,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,并通过数字的、模拟的输入和输出,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,都应按照易于与工业控制系统形成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。

目前,可编程控制器的生产厂家众多,产品型号和规格不可胜数,但主要分为欧洲产、日本产和美国产的三大块。在中国市场上,欧洲的代表是西门子、日本的代表是三菱和欧姆龙、美国的代表是 AB 和 GE。在中国市场上最具有竞争力的西门子、三菱公司,所推出的 PLC 均为从大到小系列产品,基本上可以满足各种各样的要求。令人遗憾的是,国产的可编程控制器始终没有突破性的发展,市场占领份额很小。

1.2 可编程控制器的特点

PLC 具有通用性强、使用方便、适应面广、可靠性高、抗干扰能力强、编程简单等特点。

可编程控制器与通用继电器的区别:可编程控制器与继电器相比具有通用性强、灵活性好、接线简单等特点。PLC 是针对普遍的工业环境而设计的,可以通过选配不同的控制模块,以适用于各种不同的工业系统。由于 PLC 是用程序逻辑控制的,当生产工艺和设备改变时,不用改变 PLC 的硬件,只需改变程序即可。PLC 程序既有生产厂家的系统程序,又有用户自己开发的应用程序。系统程序提供运行平台,同时,还为 PLC 程序可靠运行及信息与信息转换进行必要的公共处理;用户程序由用户按控制要求设计。

可编程控制器不需要使用处于分离状态的继电器、计数器和步进开关等,而是利用程

序进行定时、计数、顺序、步进等控制,因而十分可靠;可编程控制器具有 A/D 和 D/A 转换、数据处理和运算、运动控制等功能,因此,它既可以对开关量进行控制,又可以对模拟量进行控制;可编程控制器具有联网通信功能,它可以同时控制一个机群、多条生产线,既可以现场控制,也可以远距离控制。

在硬件方面,可编程控制器采用了电磁屏蔽、滤波、光电隔离等一系列抗干扰措施。一般的 PLC 允许的工作环境温度上限为 60°C ,环境相对湿度为 $15\%\sim 85\%$,确保了 PLC 可以在恶劣的工业环境中可靠地工作,并能抗震荡、抗噪声、抗射频,可靠性极高。

可编程控制器与微型计算机的区别:PLC 与微型计算机不同,微型计算机除了用在控制领域外,还大量用于科学计算、数据处理、计算机通信等方面,而 PLC 主要用于工业控制,适用于工程现场的环境,它的编程语言简单、容易掌握,采用了和实际的电气原理图非常接近的图形编程方式,不需要专门的计算机知识和语言,只需要一定的电工和工艺知识,即可在短时间内学会。

可编程控制器与单片机的区别:PLC 比单片机更容易掌握。单片机要用到机器指令和其他的助记符,对于不熟悉机电控制的技术人员来说,需要相当一段时间的学习才能掌握;而 PLC 大部分指令与继电器的串联、并联等相对应,使用者只需要较短的时间去熟悉 PLC 的指令及操作方法,就能应用到工业现场。并且,单片机用于工业现场的突出问题就是其抗干扰能力差,而 PLC 是专门用于工程现场的设备自动控制装置,在系统硬件和软件上都采用了抗干扰措施。

1.3 可编程控制器的应用

目前,PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、石油、化工、电力、建材、机械制造、汽车、轻纺、交通运输、环保及文化娱乐等各个行业,使用情况大致可归纳为如下几类。

1. 开关量的逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域,它取代传统的继电器电路,实现逻辑控制、顺序控制,既可用于单台设备的控制,也可用于多机群控及自动化流水线,如注塑机、印刷机、订书机械、组合机床、磨床、包装生产线、电镀流水线等。

2. 模拟量控制

在工业生产过程中,有许多连续变化的量,如温度、压力、流量、液位和速度等都是模拟量。为了使可编程控制器能够处理模拟量,必须实现模拟量(Analog)和数字量(Digital)之间的 A/D 转换及 D/A 转换。PLC 厂家都生产配套的 A/D 和 D/A 转换模块,使可编程控制器用于模拟量控制。

3. 运动控制

PLC 可以用于圆周运动或直线运动的控制。从控制机构配置来说,早期直接用于开关量 I/O 模块连接位置传感器和执行机构,现在一般使用专用的运动控制模块,如可驱动步进电机、伺服电机的单轴或多轴位置控制模块。世界上各主要 PLC 厂家的产品几乎都有运动控制功能,广泛应用于各种机械、机床、机器人、电梯等场合。

4. 过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等模拟量的闭环控制。作为工业控制计算机, PLC 能编制各种各样的控制算法程序, 完成闭环控制。PID (比例积分微分) 调节是一般闭环控制系统中用得较多的调节方法。大中型 PLC 都有 PID 模块, 目前许多小型 PLC 也具有此功能模块, PID 处理一般是运行专用的 PID 子程序。过程控制在冶金、化工、热处理、锅炉控制等场合有非常广泛的应用。

5. 数据处理

现代 PLC 具有数学运算(含矩阵运算、函数运算、逻辑运算)、数据传送、数据转换、排序、查表、位操作等功能, 可以完成数据的采集、分析及处理。这些数据可以与存储在存储器中的参考值比较, 完成一定的控制操作, 也可以利用通信功能传送到别的智能装置, 或将它们打印制表。数据处理一般用于大型控制系统, 如无人控制的柔性制造系统; 也可用于过程控制系统, 如造纸、冶金、食品工业中的一些大型控制系统。

6. 通信及联网

PLC 通信包含 PLC 间的通信及 PLC 与其他智能设备间的通信。随着计算机控制的发展, 工厂自动化网络发展得很快, 各 PLC 厂商都十分重视 PLC 的通信功能, 纷纷推出各自的网络系统。新近生产的 PLC 都具有通信接口, 通信非常方便。

1.4 可编程控制器的发展前景

伴随着微电子技术、控制技术与信息技术的不断发展, 可编程控制器也在不断发展, 其发展趋势可概括为如下几点。

(1) 速度更快、体积更小。由于电子电路的集成度越来越高, 电路板的制作及元件的焊接、贴片技术不断改进, 可编程控制器的外形尺寸仍在不断缩小。在体积缩小的同时, 芯片的运算速度却越来越高, 目前大型可编程控制器的基本逻辑指令的执行速度高达 34ns。速度的提高就缩短了扫描的周期, 增强了控制的实时性, 因而更能保证高精度产品的生产要求。

(2) 工业控制技术集成度越来越高。现在各大 PLC 厂商均努力提高各自的“全集成自动化”的能力, 即把原先分离的工业控制、人机界面、传感器和执行器、上位机监控、DCS (集散控制系统)、SCADA (监控控制和数据采集) 等统一于一个自动化环境系统中, 以 PLC 为核心, 向下延伸到远程 I/O、现场设备、步进伺服系统, 向上扩展到人机界面、上位机、图形监控软件、通信等, 通过联网来解决所有联结。

(3) PLC 与主流计算机合二为一。以计算机为基础的可编程控制器是在 PLC 的 CPU 模块旁边加插 Windows CPU 或在主流计算机总线上插上 PLC 的 CPU 板, 这样就能跟上主流计算机的发展潮流, 将生产控制与生产管理统一, 既保留了 PLC 固有的简单易用、高可靠性的特点, 又结合了主流计算机强大的数据处理能力, 使现场数据可以在机上直接读到, 体现了全集成自动化的概念。

(4) 另外, 仿真软件的开发、远程服务的实现, 使得硬件的调试、技术的服务可以远

距离实现，也大大提高了 PLC 的使用效率。

1.5 小 结

本章主要介绍了可编程控制器的产生、发展与特点及其在工业中的应用和发展前景等，使读者对可编程控制器有一个概括的了解。

1.6 习 题

1. 可编程控制器主要应用于哪些方面？
2. 可编程控制器控制较继电器接触器控制有哪些优点？
3. 举出几种常用的可编程控制器的生产厂家。

第 2 章 可编程控制器的 结构与工作原理

【教学目标】

了解可编程控制器的硬件结构与软件组成。理解可编程控制器的工作原理。掌握编程语言的种类及各种编程软元件的用法。

【教学要求】

知 识 要 点	能 力 要 求	相 关 知 识	所占分值 (100 分)	自评分数
可编程控制器的硬件 结构与软件组成	了解可编程控制器的硬件结构 和软件组成		15	
可编程控制器的工作 原理	理解可编程控制器的工作原理		20	
编程语言	理解可编程控制器的几种编程 语言		10	
编程软元件	掌握各种编程软元件的功能与 用法		30	
可编程控制器的型号	掌握可编程控制器型号的含义		15	
可编程控制器的性能 指标	了解可编程控制器的性能指标		10	

【学习重点】

各种编程元件的用法是本章的学习重点。熟悉可编程控制器的工作原理是理解后续章节中许多程序的基础。

2.1 可编程控制器的结构组成

可编程控制器与计算机的组成十分相似，它实际上就是一种工业控制计算机，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适用于控制要求的编程语言。

一般来讲，PLC 分为箱体式和模块式两种，但它们的组成是相同的。对箱体式 PLC，有一块中央处理器(CPU)、输入/输出接口(I/O)、显示面板、内存块、电源等。当然，按 CPU 性能分成若干型号，并按 I/O 点数又分若干规格。对模块式 PLC，有 CPU 模块、I/O 模块、内存、电源模块、底板或机架。无论哪种结构类型的 PLC，都属于总线式开放型结构，其 I/O 能力可按用户需要进行扩展与组合。

2.1.1 中央处理器(CPU 模块)

可编程控制器的 CPU 是 PLC 的核心, PLC 的工作过程都是在 CPU 的统一指挥和协调下进行的。CPU 的运行是按照系统程序所赋予的任务进行的, 起到了神经中枢的作用。每台 PLC 至少有一个 CPU, 它按 PLC 系统程序赋予的功能接收并存储用户程序和数据, 用扫描的方式采集由现场输入装置送来的状态或数据, 并存入规定的寄存器中, 同时, 诊断电源和 PLC 内部电路的工作状态和编程过程中的语法错误等。进入运行后, CPU 从用户程序存储器中逐条读取指令, 经分析后再按指令规定的任务产生相应的控制信号, 去指挥有关的控制电路。与通用计算机一样, PLC 的 CPU 主要由运算器、控制器、寄存器及实现它们之间联系的数据、控制及状态总线构成, 还有外围芯片、总线接口及有关电路。它确定了进行控制的规模、工作速度、内存容量等。

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 大多采用 8 位和 16 位微处理器, 有的采用通用芯片, 如 8031、8051、8086、80286 等。CPU 的性能关系到可编程控制器处理和信号的能力和速度, CPU 位数越高, 系统的信息处理量越大, 运算的速度也越快。

CPU 的运算器用于进行数字或逻辑运算, 在控制器指挥下工作。CPU 的寄存器参与运算并存储运算的中间结果, 它也是在控制器指挥下工作的。

虽然 CPU 划分为以上几个部分, 但 PLC 中的 CPU 芯片实际上就是微处理器。由于电路的高度集成, 对 CPU 内部的详细分析已无必要, 只要弄清它在 PLC 中的功能与性能, 能正确地使用它就够了。

CPU 模块的外部表现就是它的工作状态的种种显示、种种接口及设定或控制开关。一般来讲, CPU 模块总要有相应的状态指示灯, 如电源显示、运行显示、故障显示等。箱体式 PLC 的主箱体也有这些显示。CPU 的总线接口用于接 I/O 模板或底板; 有内存接口, 用于安装内存; 有外设口, 用于接外部设备; 有的还有通信口, 用于进行通信。CPU 模块上还有许多设定开关, 用以对 PLC 作设定, 如设定起始工作方式、内存区等。

2.1.2 输入/输出接口(I/O 模块)

I/O 接口单元通常也称 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。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, 所以 I/O 接口必须能实现这种转换。I/O 接口电路一般都具有光电隔离和滤波功能, 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, 使工作状况直观、便于维护。

I/O 扩展单元用来扩展 PLC 的 I/O 点数。当用户所需要的 I/O 点数超过 PLC 基本单元的 I/O 点数, 即主机单元(带 CPU)的 I/O 点数不能满足 I/O 设备点数需要时, 可通过此接口用扁平电缆线将 I/O 扩展单元(不带有 CPU)与主机单元相连接, 以增加 PLC 的 I/O 点数、适应控制系统的要求。其他很多的智能单元 PLC 的对外功能主要是通过各种 I/O

接口模块与外界联系的,按 I/O 点数确定模块规格及数量。I/O 模块可多可少,但其最大数受 CPU 所能管理的基本配置的能力,即受最大的底板或机架槽数限制。I/O 模块集成了 PLC 的 I/O 电路,其输入暂存器反映输入信号状态,输出点反映输出锁存器状态。

2.1.3 存储器

可编程控制器所用的存储器包括系统存储器和用户存储器两个部分。系统存储器用来存储 PLC 生产厂家编写的系统程序,并已经将其固化在 ROM 内,用户不能直接更改。这部分系统程序的好坏在很大程度上反映了可编程控制器的性能,它使可编程控制器具有基本的智能,PLC 的具体工作都是由这部分程序来完成的。

用户存储器包括用户程序存储器和功能存储器两部分。用户程序存储器存放针对用户具体控制任务,用规定的 PLC 编程语言编写的各种用户程序,可以是 RAM、EPROM 或 EEPROM。用户功能存储器用来存放用户程序中使用的 ON/OFF 状态和数值等,它构成了可编程控制器的内部器件,即“软元件”。

2.1.4 电源模块

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的电路或电源模块。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 12V 和 24V,又有交流 110V。有些 PLC 中的电源是与 CPU 模块合二为一的,有些是分开的,其主要用途是为 PLC 各模块的集成电路提供工作电源。同时,有的还为输入电路提供 24V 的工作电源。电源的输入类型有:交流电源,加的为交流 220V 或 110V 电压;直流电源,加的为直流电压,常用的为 24V。

2.1.5 底板或机架

大多数模块式 PLC 使用底板或机架,其作用是:电气上实现各模块间的联系,使 CPU 能访问底板上的所有模块;机械上实现各模块间的连接,使各模块构成一个整体。

2.1.6 PLC 的外部设备

外部设备是 PLC 系统不可分割的一部分,它由以下四大类组成。

(1) 编程设备:有简易编程器和智能图形编程器,用于编程、对系统作一些设定、监控 PLC 及 PLC 所控制的系统的工作状况。编程器是 PLC 开发应用、监测运行、检查维护不可缺少的器件,但它不直接参与现场控制运行。

(2) 监控设备:有数据监视器和图形监视器,直接监视数据或通过画面监视数据。

(3) 存储设备:有存储卡、存储磁带、软磁盘或只读存储器,用于永久性地存储用户数据,使用户程序不丢失,如 EPROM、EEPROM 写入器等。

(4) 输入/输出设备:用于接收信号或输出信号,一般有条码读入器、输入模拟量的电位器、打印机等。

2.1.7 PLC 的通信联网设备

PLC 具有通信联网的功能,它使 PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位计算机以及其他智能