

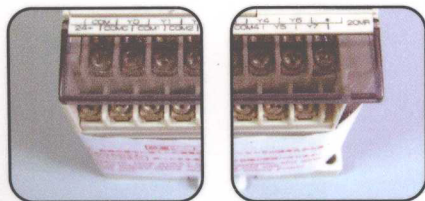
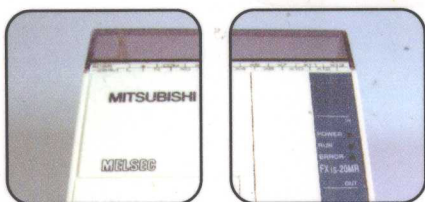


全国高等院校测控技术与仪器专业**创新型**人才培养规划教材

可编程控制器原理与应用

(第2版)

赠送电子课件



主 编 赵 燕 周新建
主 审 江征风



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

全国高等院校测控技术与仪器专业创新型人才培养规划教材

可编程控制器原理与应用 (第2版)

 **北京大学出版社**
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书以我国目前应用最为广泛的高性能小型可编程控制器(简称 PLC)为基础,系统地阐述了可编程控制器系统的构造、工作原理以及 PLC 应用系统的硬件和软件设计、系统以及 PLC 控制系统从设计、安装和维护方法,并对 PLC 的组网技术进行了详细介绍。本书内容新颖,深入浅出,语言通俗易懂,注重理论联系实际,通过实例详细介绍了 PLC 在不同行业中的具体应用。在编写形式上,注重理论与实践的结合,不但在各章节适时插入实例,使读者加深理解和掌握具体内容,而且以 PLC 控制系统的解决方案作为第 7 章的内容,以便于读者参考,以提高其综合应用可编程控制器的能力。

本书可作为高等院校机电一体化专业、自动化专业、电气技术专业及其他相关专业的教材,也可作为广大工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理与应用/赵燕,周新建主编. —2 版. —北京:北京大学出版社,2010.3
(全国高等院校测控技术与仪器专业创新型人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-16922-3

I. 可… II. ①赵…②周… III. 可编程序控制器—高等学校—教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 020132 号

书 名: 可编程控制器原理与应用(第 2 版)

著作责任者: 赵 燕 周新建 主编

责任编辑: 郭穗娟

标准书号: ISBN 978-7-301-16922-3/TH·0179

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: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787mm×1092mm 16 开本 印张 19.5 彩插 1 447 千字

2006 年 8 月第 1 版 2010 年 3 月第 2 版 2010 年 3 月第 1 次印刷

定 价: 33.00 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

第 2 版前言

本书于 2006 年 8 月第 1 次出版以来, 经过全国多所高校和大量读者的使用, 编者获得了许多宝贵的经验和意见。为此, 编者对第 1 版的部分章节的内容进行了调整和补充, 主要是对第 2、3、4 章进行了较大的修改。将原来第 3 章的“FX_{2N} 的系统特点及配置”归到第 2 章中, 并增加了“存储式控制系统与程式控制系统”的内容, 使第 2 章内容更具系统性。将第 3 章改为“可编程控制器程序设计基础”, 增加了“PLC 的编程语言”和“可编程控制器与微型计算机及继电器控制的区别”的内容。此外, 还对第 1 版中存在的某些疏漏和印刷错误做了更正。

赵燕、周新建担任本书的主编, 麦云飞、阮祥发担任副主编, 杨福合、余先涛、陈娟参加编写。具体分工为: 第 1 章及附录由安徽科技学院的陈娟编写; 第 2、第 9 章由武汉理工大学的赵燕编写; 第 3、第 8 章由中北大学的杨福合编写; 第 4、第 5 章和第 7 章的第 3、第 4 节由武汉理工大学的阮祥发编写; 第 6 章由武汉理工大学的余先涛编写; 第 7 章的第 1、第 2 节及第 11 章由上海理工大学的麦云飞编写; 第 10 章由华东交通大学的周新建编写。由赵燕负责本书的组织、修改和统稿。

本书部分内容参考了相关企业的最新产品资料和兄弟院校同行作者的有关文献, 在此对书中所列参考文献、引用的相关教材与资料的作(译)者和出版单位一并表示感谢!

因编者水平有限, 书中难免有疏漏之处, 恳请读者批评指正。

编 者

2010 年 1 月

第 1 版前言

可编程控制器(PLC)是一种数字式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、模拟式的输出,控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器以其简单易懂、操作方便、可靠性高、通用灵活、体积小、使用寿命长等一系列优点,在汽车、钢铁、航空航天、船舶、化工、纺织、食品、造纸、军工等工业领域获得了广泛的应用。

本书以目前市场上具有广泛影响的主流机型 FX_{2N} 为主要对象,详细介绍了 PLC 的工作原理、软硬件构成、指令系统和通信应用等相关知识。在选材上本书特别注意从应用角度出发,以大量的编程方法和 PLC 的工程应用实例贯穿全书,以帮助读者更快地理解和掌握 PLC 技术及使用方法。同时还以专门的篇幅采用对比的方法介绍了与 FX_{2N} 系列相似的西门子公司的 S7-200 和欧姆龙公司的 C 系列 PLC,以方便读者全面掌握不同厂家的 PLC 系统。在编写风格上遵循由浅入深、循序渐进的认识规律,便于读者自学。

赵燕、周新建担任本书的主编,麦云飞、阮祥发担任副主编,杨福合、余先涛、陈娟参加编写。具体分工为:第 1、第 2 章及附录由安徽科技学院的陈娟编写;第 3、第 8 章由中北大学的杨福合编写;第 4、第 5 章和第 7 章的第 3、第 4 节由武汉理工大学的阮祥发编写;第 6 章由武汉理工大学的余先涛编写;第 7 章的第 1、第 2 节及第 11 章由上海理工大学的麦云飞编写;第 9 章由武汉理工大学的赵燕编写;第 10 章由华东交通大学的周新建编写。其中赵燕负责了全书的组织、修改和统稿。

武汉理工大学的江征风教授担任本书的主审,他仔细审阅了全部书稿,提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示诚挚的谢意!书中部分章节还参考了三菱公司最新技术资料 and 同行作者的有关文献,在此对书中所参考和引用的相关教材与资料的作者、译者和单位一并表示感谢!

因编者水平有限,书中难免有疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

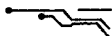
2006 年 9 月

目 录

第 1 章 可编程控制器(PLC)概论1	
1.1 PLC 定义及特点.....2	
1.1.1 PLC 的产生及定义.....2	
1.1.2 PLC 的特点.....3	
1.1.3 PLC 的分类.....5	
1.2 PLC 的发展趋势.....6	
小结.....8	
习题.....8	
第 2 章 可编程控制器的组成和 工作原理9	
2.1 PLC 的组成及各部分的作用.....10	
2.1.1 PLC 的硬件组成.....10	
2.1.2 PLC 的软件组成.....13	
2.2 PLC 的输入/输出(I/O)接口.....14	
2.2.1 PLC 的开关量输入接口.....15	
2.2.2 PLC 的开关量输出接口.....15	
2.3 FX _{2N} 型 PLC 的特点及系统配置.....17	
2.3.1 FX _{2N} 的技术特点.....17	
2.3.2 FX _{2N} 的型号说明.....18	
2.3.3 FX _{2N} 系统的硬件配置.....18	
2.3.4 FX _{2N} 的技术指标.....21	
2.4 PLC 的工作原理.....24	
2.4.1 存储式控制系统与程式 控制系统.....24	
2.4.2 PLC 的工作原理.....25	
小结.....28	
习题.....28	
第 3 章 可编程控制器程序设计基础29	
3.1 PLC 的编程语言.....30	
3.1.1 PLC 编程语言的国际标准.....30	
3.1.2 梯形图的特点.....32	
3.2 FX _{2N} 的编程等效元件.....33	
3.3 可编程控制器与微型计算机及 继电器控制的区别.....44	
3.3.1 PLC 与微机(MC)的区别.....44	
3.3.2 PLC 与继电器控制的区别.....45	
小结.....47	
习题.....48	
第 4 章 基本逻辑指令49	
4.1 基本逻辑指令.....50	
4.1.1 逻辑取及线圈驱动指令 LD, LDI, OUT.....50	
4.1.2 触点串联指令 AND, ANI.....51	
4.1.3 触点并联指令 OR, ORI.....52	
4.1.4 串联回路块并联指令 ORB.....52	
4.1.5 并联回路块串联指令 ANB.....53	
4.1.6 边沿检出指令 LDP, LDF, ANDP, ANDF, ORP, ORF.....54	
4.1.7 脉冲指令 PLS, PLF.....56	
4.1.8 置位与复位指令 SET, RST.....56	
4.1.9 反转指令 INV.....58	
4.1.10 栈存储器与多重输出指令 MPS, MRD, MPP.....58	
4.1.11 主控触点指令 MC, MCR.....61	
4.1.12 空操作指令 NOP.....63	
4.1.13 程序结束指令 END.....64	
4.2 梯形图设计.....64	
4.2.1 梯形图编程格式.....64	
4.2.2 梯形图设计的基本步骤.....65	
4.2.3 梯形图设计规则.....66	
4.3 基本逻辑指令应用举例.....68	
小结.....75	
习题.....76	



第5章 状态转移图及步进指令	80
5.1 状态转移图	81
5.2 步进梯形图及步进指令	84
5.2.1 步进梯形图	84
5.2.2 步进指令	84
5.3 步进梯形图指令编程基本方法	86
5.4 状态转移图常见流程状态的编程	89
5.4.1 单流程状态编程	89
5.4.2 跳转与重复状态编程	91
5.4.3 选择性分支与汇合状态编程	91
5.4.4 并行分支与汇合状态	92
5.4.5 分支与汇合的组合	94
5.5 状态转移图及步进指令的应用举例	96
小结	101
习题	101
第6章 FX_{2N}功能指令	104
6.1 功能指令的表示与执行方式	105
6.1.1 指令与操作数	105
6.1.2 指令的数据长度与执行形式	106
6.1.3 变址操作	108
6.2 程序流向控制指令	110
6.2.1 条件跳转指令	110
6.2.2 子程序调用和返回指令	112
6.2.3 中断指令	113
6.2.4 主程序结束指令	115
6.2.5 监视定时器指令	116
6.2.6 循环开始指令和循环结束指令	117
6.3 数据传送和比较指令	118
6.3.1 比较指令	118
6.3.2 区间比较指令	119
6.3.3 传送指令	120
6.3.4 移位传送指令	120
6.3.5 取反传送指令	121
6.3.6 块传递指令	121
6.3.7 多点传送指令	122
6.3.8 数据交换指令	123
6.3.9 BCD 变换指令	123
6.3.10 BIN 变换指令	123
6.4 算术运算和逻辑运算指令	124
6.4.1 加法指令	124
6.4.2 减法指令 SUB	125
6.4.3 乘法指令 MUL	125
6.4.4 除法指令	126
6.4.5 加1指令、减1指令	126
6.4.6 逻辑与、或和异或指令	127
6.4.7 求补指令	128
6.5 循环与移位指令	129
6.5.1 左、右循环指令	129
6.5.2 带进位的左、右循环指令	130
6.5.3 位组件左移、位组件右移指令	130
6.5.4 字元件右移、字元件左移指令	132
6.6 数据处理指令	133
6.6.1 区间复位指令	133
6.6.2 译码指令	134
6.6.3 编码指令	134
6.6.4 置1位数总和指令	135
6.6.5 置1位判别指令	136
6.6.6 平均值指令	136
6.6.7 报警器置位指令	137
6.6.8 报警器复位指令	137
6.6.9 平方根指令	137
6.6.10 浮点操作指令	138
6.7 高速处理指令	138
6.7.1 I/O 刷新指令	138
6.7.2 刷新和调整滤波时间指令	139
6.7.3 矩阵输入指令	139
6.7.4 高速计数器置位指令	140
6.7.5 高速计数器复位指令	141
6.7.6 高速计数器区别比较指令	141
6.7.7 转速测量指令	142
6.7.8 脉冲输出指令	142
6.7.9 脉宽调制指令	142
6.8 方便指令	143
6.8.1 初始状态指令	143





6.8.2	绝对值式凸轮顺控指令	144	7.3.2	继电器-接触器控制线路 转换设计法	174
6.8.3	增量式凸轮顺控指令	145	7.3.3	逻辑设计方法	176
6.8.4	示教定时器指令	146	7.3.4	状态转移图设计法	177
6.8.5	特殊定时器指令	147	7.4	PLC 的控制系统设计实例	178
6.8.6	交替输出指令	148	小结	185	
6.8.7	旋转台控制指令	148	习题	185	
6.9	外围设备 I/O 功能指令	149	第 8 章 PLC 的功能模块	187	
6.9.1	数据输入指令	149	8.1	功能模块概述	188
6.9.2	数字译码指令	152	8.1.1	特殊功能模块的类型及 用途	188
6.9.3	ASCII 码转换指令	154	8.1.2	特殊功能模块的安装及 应用	189
6.9.4	打印输出指令	154	8.2	模拟量输入模块	191
6.9.5	特殊功能模块读指令	154	8.2.1	性能参数	191
6.9.6	特殊功能模块写指令	155	8.2.2	应用举例	194
6.10	外围设备指令	155	8.3	模拟量输出模块	196
6.10.1	串行通信指令 RS(FNC80)	156	8.3.1	性能参数	196
6.10.2	八进制位传送指令	158	8.3.2	应用举例	199
6.10.3	ASCII 变换指令	158	8.4	高速计数模块	200
6.10.4	十六进制转换指令	158	8.4.1	基本性能参数	200
6.11	外围设备指令	159	8.4.2	应用举例	205
6.11.1	格雷码转换、逆转换指令	159	8.5	可编程凸轮控制器模块	206
6.11.2	模拟量模块读、写指令	159	8.5.1	FX _{2N} -1RM-SET 的特点	206
6.12	触点比较指令	160	8.5.2	缓冲寄存器及设置	207
6.12.1	触点比较指令	161	8.5.3	应用实例	209
6.12.2	触点比较串联指令	161	小结	210	
6.12.3	触点比较并联指令	162	习题	210	
小结	162	第 9 章 PLC 通信与计算机网络	212		
习题	163	9.1	PLC 通信的基本知识	213	
第 7 章 PLC 控制系统的设计	164	9.1.1	数据通信系统构成	213	
7.1	PLC 控制系统设计原则和步骤	165	9.1.2	数据通信方式及传输速率	214
7.1.1	PLC 控制系统设计的 一般原则	165	9.1.3	串行通信接口标准	216
7.1.2	PLC 控制系统设计步骤	165	9.1.4	开放式系统互联参考模型	218
7.2	PLC 控制系统的硬件设计	167	9.2	PLC 与 PLC 之间的通信	220
7.2.1	I/O 点数的简化与扩展	167	9.2.1	N : N 链接通信	220
7.2.2	PLC 的选型及模块选型	169	9.2.2	双机并行链接通信	225
7.2.3	PLC 的外围电路设计	172			
7.3	PLC 控制系统的软件设计	172			
7.3.1	经验设计法	172			





9.3 计算机链接与无协议数据传输	227	11.1.2 MEDOC 的主要功能	272
9.3.1 串行通信协议的格式	227	11.1.3 编辑一个新的 MEDOC	
9.3.2 计算机链接通信协议	230	程序的主要步骤	273
9.3.3 无协议数据传输	236	11.2 手持编程器	273
小结	239	11.2.1 手持编程器的组成和	
习题	239	操作面板	273
第 10 章 其他常用 PLC 系统简介	240	11.2.2 手持编程器的操作过程	274
10.1 欧姆龙公司 C 系列 C20		11.2.3 编程操作	275
普及型 PLC	241	11.3 编程软件 FXGP/WIN	276
10.1.1 C20 的性能	241	11.3.1 进入程序编制环境	277
10.1.2 C20 的选件和配置	242	11.3.2 编写或编辑程序及注释	279
10.1.3 C20 的基本指令	243	11.3.3 程序的下载和上载	283
10.1.4 C20 的专用指令	246	11.3.4 软元件的监控及强制设置	284
10.2 西门子公司 S7-200 PLC	253	11.3.5 程序的打印	286
10.2.1 S7-200 系列 PLC 的		11.4 编程软件 GX Developer	287
硬件系统	253	11.4.1 程序编制环境及功能	287
10.2.2 S7-200 系列 PLC 的内部		11.4.2 梯形图程序的建立及	
资源及寻址方式	255	编辑操作	290
10.2.3 S7-200 系列 PLC 基本		11.4.3 梯形图程序下载到 PLC	294
逻辑指令及举例	257	11.4.4 PLC 程序的运行、监控与	
10.3 三种 PLC 应用程序举例	261	调试	295
10.3.1 简单程序举例	261	11.4.5 PLC 程序的打印	296
10.3.2 综合应用举例	264	11.4.6 PLC 程序的注释和显示	296
小结	269	11.4.7 帮助菜单	297
习题	269	小结	298
第 11 章 可编程控制器的编程工具	270	习题	298
11.1 基于 DOS 的编程软件 MEDOC	271	参考文献	299
11.1.1 MEDOC 系统概述	271		



第 1 章

可编程控制器(PLC)概论



教学提示

可编程控制器(Programmable Logic Controller, PLC)是以微处理器为核心,综合计算机技术、自动控制技术和通信技术发展起来的一种新型工业自动控制装置。随着大规模、超大规模集成电路技术和数字通信技术的进步和发展,PLC 技术不断提高,在工业生产中获得了极其广泛的应用。



教学要求

本章要求学生了解 PLC 及其控制系统的基本知识,重点了解 PLC 的技术特点、类型以及发展概况。



1.1 PLC 定义及特点

PLC 是在继电器控制技术、计算机技术和现代通信技术的基础上逐步发展起来的一项先进的控制技术。在现代工业发展中, PLC 技术、CAD/CAM 技术和机器人技术并称为现代工业自动化的三大支柱。它主要以微处理器为核心,用编写的程序进行逻辑控制、定时、计数和算术运算等,并通过数字量和模拟量的输入/输出(I/O)来控制各种生产过程。

1.1.1 PLC 的产生及定义

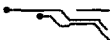
20 世纪 60 年代以前,用以对工业生产进行自动控制的装置是继电器-接触器控制系统。这种系统存在一些缺陷,如系统的能耗较多;工艺流程的更新需要大量的人力物力;因系统要通过各种硬件接线的逻辑控制来实现运行,导致机械触点较多,系统运行的可靠性较差等。到了 60 年代以后,美国汽车制造业为适应市场需求不断更新汽车型号,要求及时改变相应的加工生产线。而汽车生产流水线基本上都采用传统的继电器-接触器控制,所以就必须重新设计和配置整个系统。汽车生产流水线的更换越来越频繁,原有的继电器-接触器控制系统就需要经常重新设计安装,这不但造成了极大的浪费,而且新系统的接线也非常费时,从而延长了汽车的设计生产周期。在这种情况下,采用传统的继电器-接触器控制就显出许多不足。

1968 年美国 General Motors(GM)公司首次公开招标,要求制造商为其装配线提供一种新型的通用程序控制器,并提出了著名的 10 项招标指标,即著名的“GM 十条”:

- (1) 编程简单,可在现场修改程序。
- (2) 系统的维护方便,采用插件式结构。
- (3) 体积小于继电器控制柜。
- (4) 可靠性高于继电器控制柜。
- (5) 成本较低,在市场上可以与继电器控制柜竞争。
- (6) 可将数据直接送入计算机。
- (7) 可直接用交流 115V 输入(注:美国电网电压是 110V)。
- (8) 输出采用交流 115V,可以直接驱动电磁阀、交流接触器等。
- (9) 通用性强,扩展方便。
- (10) 程序可以存储,存储器容量可以扩展到 4KB。

如果说电子技术和电器控制技术是可编程逻辑控制器出现的物质基础,“GM 十条”就是可编程逻辑控制器出现的技术基础,也是当今 PLC 的最基本功能。

1969 年美国数字设备公司(DEC)根据这 10 项技术指标的要求研制出了第 1 台可编程逻辑控制器——PDP-14,并成功地应用在 GM 公司的生产线上。第 1 台 PLC 采用计算机的初级语言编写应用程序,其 CPU 采用中、小规模集成电路组成,以逻辑运算为主,它实质上是一台专用的逻辑控制计算机。1971 年,日本引进了这项技术,并开始生产自己的 PLC。1973 年,欧洲一些国家也生产出自己的 PLC。1974 年,我国开始了 PLC 技术的研究,并在 1977 年研制出第一台具有实用价值的 PLC。





在这一时期, PLC 主要用于顺序控制。随着半导体技术, 尤其是微型计算机技术的发展, 到了 20 世纪 70 年代中期以后, PLC 广泛采用微处理器作为中央处理器, 并且在外围的输入/输出(I/O)电路中逐渐使用了大规模和超大规模的集成电路, 这时的 PLC 已经不仅仅具有逻辑判断功能, 还同时具有数据处理、PID 调节和通信联网功能。虽然美国电气制造商协会(NEMA)将其正式命名为可编程控制器(Programmable Controller, PC), 但由于近年来 PC 又可表示为个人计算机(Personal Computer), 为了加以区别, 人们常把可编程控制器称为 PLC。

1987 年国际电工委员会(IEC)颁布的“可编程控制器标准草案”中对 PLC 作了如下的定义: “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、计数与算术操作等, 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, 都应按易于与工业控制系统联成一个整体, 易于扩充其功能的原则设计。”

PLC 发展至今大体经历了三个主要阶段:

(1) 从 20 世纪 60 年代 PLC 产生到 70 年代, 占支配地位的 PLC 技术是处在序列发生器状态机(sequencer state machines)和基于 CPU 的位片(bit-slice)技术之间。AMD 2901 和 2903 在施奈德公司的 Modicon 和 Rockwel(公司的)A-B PLC 中非常流行。传统的微处理器主要用于小型的 PLC, 但缺乏快速处理的能力。PLC 的主要功能基本局限在逻辑控制阶段, 各个生产公司都是以单机为主发展硬件技术, 为各类继电器-接触器控制系统设计开发各种基本型号和具有基本逻辑控制功能的 PLC。

(2) 1973 年, PLC 具备了通信能力, PLC 之间可以进行相互对话, 使得它们可以远离工业控制现场。PLC 之间也可以发送和接收各种电平, 从而进入模拟控制的世界。但由于缺乏统一的标准, 使得协议和物理网络均无法兼容, 在某种程度上影响了 PLC 的通信联网能力。到了 80 年代末期, 随着工业电器自动化程度的不断提高, 在开发研制 PLC 单机功能的同时, 还着重加强了软件技术的开发, 提高 PLC 的联网和通信功能, 并且许多公司还加强了特殊功能模块的研制。

(3) 20 世纪 90 年代以来, 由于大规模和超大规模集成电路等微电子技术的迅速发展, 同时为了适应计算机集成制造系统(CIMS)和现代网络技术, PLC 由单 CPU 转向多 CPU, 16 位和 32 位微处理器被大量应用于 PLC 中, 使其运算速度、通信联网、图像显示和数据处理功能都大大增强。同时随着通信联网技术的发展, 新通信协议不断产生。最新的标准(IEC 1131-3)已经尽量将 PLC 编程语言融合为一个国际标准。现在, 我们可以同时使用功能块图(function block diagram)、指令表(instruction list)、梯形图(ladder diagram)和结构化文本(structured text)等对 PLC 进行编程。在现代工业控制系统中, PLC 已经真正成为具有逻辑控制、过程控制、运动控制、数据处理和联网通信等功能的多功能控制器。

1.1.2 PLC 的特点

PLC 技术的高速发展, 除了得益于工业自动化的客观需求外, 还因为它具有许多独特的优点。PLC 是传统的继电器技术和现代的计算机技术相结合的产物。而在工业控制方面, PLC 还具有继电器控制或计算机控制无法比拟的优点。





1. 可靠性高, 抗干扰能力强

可靠性高、抗干扰能力强是 PLC 最重要的特点之一。这主要是由于它采用了一系列特有的硬件和软件措施。

(1) 硬件方面: 在输入/输出(I/O)通道采用光电隔离, 有效抑制外部干扰源对 PLC 的影响; 在设计中采用滤波器等电路增强 PLC 对电噪声、电源波动、振动、电磁波等的干扰, 确保 PLC 在高温、高湿以及空气中存有各种强腐蚀物质粒子的恶劣工业环境下能稳定地工作; 对中央处理器(Central Processing Unit, CPU)等重要部件采用具有良好的导电、导磁材料进行屏蔽, 以减少电磁干扰。

(2) 软件方面: PLC 的监控定时器可用于监视执行用户程序的专用运算处理器的延迟, 保证在程序出错和程序调试时, 避免因程序错误而出现死循环; 当 CPU、电池、输入/输出接口、通信等出现异常时, PLC 的自诊断功能可以检测到这些错误, 并采取相应的措施, 以防止故障扩大; 停电时, 后备电池会正常工作。

2. 应用灵活, 编程方便

PLC 的方便灵活性主要体现在以下两个方面。

(1) 编程的灵活性: PLC 采用与实际电路非常接近的梯形图方式编程, 广大电气技术人员非常熟悉, 易于掌握, 易于推广。对于企业中一般的电气技术人员和技术工人, 也可以很容易地学会程序设计。这种面向生产、面向用户的编程方式, 与常用的计算机语言相比更易于接受, 故梯形图被称为面向“蓝领的编程语言”, PLC 也被称为“蓝领计算机”。

(2) 扩展的灵活性: 它可以根据应用的规模进行容量、功能和应用范围的扩展, 甚至可以通过与集散控制系统(DCS)或其他上位机的通信来扩展功能, 并与外围设备进行数据的交换。

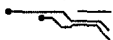
3. 易于安装、调试、维修

PLC 用软件功能取代了继电器-接触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, 大大减少了控制设备外部的接线。在安装时, 由于 PLC 的 I/O 接口已经做好, 因此可以直接和外围设备相连, 而不再需要专用的接口电路, 所以硬件安装上的工作量大幅减少。用户程序可以在实验室进行模拟调试, 调试完成后再进行生产现场联机调试, 使控制系统设计及建造的周期大为缩短。

PLC 还能够通过各种方式直观地反映控制系统的运行状态, 如内部工作状态、通信状态、I/O 状态和电源状态等, 非常有利于维护人员对系统的工作状态进行监视。另外, PLC 的模块化结构可以使维护人员很方便地检查、更换故障模块, 当控制功能改变时能及时更改系统的结构和配置。而且各种模块上均有运行状态和故障状态指示灯, 便于用户了解运行情况和查找故障。如果其中某个模块发生故障, 用户可通过更换模块的办法, 使系统迅速恢复运行。有些 PLC(如奥地利贝加莱公司的产品)还允许带电插拔 I/O 模块。

4. 功能完善, 适用性强

PLC 发展至今, 已形成了大、中、小各种规模的系列化产品, 可用于各种规模的工业控制场合。PLC 除了具有逻辑运算、算术运算、数制转换以及顺序控制功能外, 还具备模拟运算、显示、监控、打印及报表生成等功能, 可用于各种数字控制领域。此外, PLC 还具有较完善的自诊断、自测试功能。





近年来 PLC 的功能单元大量涌现,使 PLC 渗透到了位置控制、温度控制、CNC 等各种工业控制中。由于 PLC 通信功能的增强及人机界面技术的发展,使用 PLC 组成各种自动控制系统变得非常容易。

PLC 还具有强大的网络功能。它所具有的通信联网功能,使相同或不同厂家和类型的 PLC 可进行联网,并与上位机通信,构成分布式控制系统。使其不仅能做到远程控制、进行 PLC 内部或与上位机进行通信,还具备专线上网、无线上网等功能。这样 PLC 就可以组成远程控制网络。

5. 体积小,能耗低

PLC 内部电路主要采用微电子技术设计,因此具有体积小、质量轻的特点。这些特点使其很容易装入机械结构内部,组成机电一体化的设备。

1.1.3 PLC 的分类

PLC 产品种类繁多,其规格和性能也各不相同。对 PLC 的分类可以根据结构、功能的差异等进行大致分类。

1. 按 I/O 点数分类

PLC 按其 I/O 点数多少一般可分为以下 4 类。

1) 微型 PLC

I/O 点数小于 64 点的 PLC 为超小型或微型 PLC。

2) 小型 PLC

I/O 点数为 256 点以下,用户程序存储容量小于 8KB 的为小型 PLC。它可以连接开关量和模拟量 I/O 模块以及其他各种特殊功能模块,能执行包括逻辑运算、计时、计数、算术运算、数据处理和传送、通信联网等功能。如西门子公司的 S7-200PLC,三菱公司的 F1、F2 和 FX0 系列 PLC 都属于小型机。

3) 中型 PLC

I/O 点数在 512~2048 点之间的为中型 PLC。它除了具有小型机所能实现的功能外,还具有更强大的通信联网功能、更丰富的指令系统、更大的内存容量和更快的扫描速度。如西门子公司的 S7-300PLC、三菱公司的 A1S 系列 PLC 都属于中型机。

(4) 大型 PLC

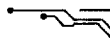
I/O 点数为 2048 点以上的为大型 PLC。它具有极强的软件和硬件功能、自诊断功能、通信联网功能,它可以构成三级通信网,实现工厂生产管理自动化。另外,大型 PLC 还可以采用 3 个 CPU 构成表决式系统,使机器具有更高的可靠性。如西门子公司的 S7-400 系列 PLC、三菱公司的 A3M、A3N 系列 PLC 都属于大型机。

2. 按结构分类

PLC 按其结构可分为整体式、模块式及叠装式 3 种。

1) 整体式 PLC

将 CPU、I/O 单元、电源、通信等部件集成到一个机壳内的称为整体式 PLC。整体式 PLC 由不同 I/O 点数的基本单元(又称主机)和扩展单元组成。基本单元内有 CPU、I/O 接口、与 I/O 扩展单元相连的扩展口以及与编程器相连的接口。扩展单元内只有 I/O 接口和电源





等,没有 CPU。基本单元和扩展单元之间一般用扁平电缆连接。它还配备特殊功能单元,如模拟量单元、位置控制单元等,使其功能得以扩展。整体式 PLC 一般都是小型机。

2) 模块式 PLC

模块式 PLC 是将 PLC 的每个工作单元都制成独立的模块,如 CPU 模块、I/O 模块、电源模块(有的含在 CPU 模块中)以及各种功能模块。模块式 PLC 由母板(或框架)以及各种模块组成。把这些模块按控制系统需要选取后,安插到母板上,就构成了一个完整的 PLC 系统。这种模块式 PLC 的特点是配置灵活,可根据需要选配不同规模的系统,而且装配方便,便于扩展和维修。大、中型 PLC 一般采用模块式结构。例如,西门子公司的 S7-300 系列、S7-400 系列 PLC 都采用模块式结构形式。

3) 叠装式 PLC

将整体式和模块式的特点结合起来,构成所谓的叠装式 PLC。叠装式 PLC 将 CPU 模块、电源模块、通信模块和一定数量的 I/O 单元集成到一个机壳内,如果集成的 I/O 模块不够使用,可以进行模块扩展。其 CPU、电源、I/O 接口等也是各自独立的模块,但它们之间要靠电缆进行连接,并且各模块可以一层层地叠装。叠装式 PLC 集整体式 PLC 与模块式 PLC 优点于一身,它不但系统配置灵活,而且体积较小,安装方便。西门子公司的 S7-200 系列 PLC 就是叠装式的结构形式。

3. 按功能分类

根据 PLC 所具有的功能不同,可将 PLC 分为低档、中档及高档 3 类。

1) 低档 PLC

具有逻辑运算、定时、计数、移位以及自诊断、监控等基本功能,还可有少量的模拟量 I/O、算术运算、数据传送和比较、通信等功能。主要用于逻辑控制、顺序控制或少量模拟量控制的单机控制系统。

2) 中档 PLC

除具有低档 PLC 的功能外,还具有较强的模拟量 I/O、算术运算、数据传送和比较、数制转换、远程 I/O、子程序、通信联网等功能。有些还可增设中断控制、PID (比例、积分、微分控制)控制等功能,以适用于复杂控制系统。

3) 高档 PLC

除具有中档 PLC 的功能外,还增加了带符号算术运算、矩阵运算、函数、表格、CRT 显示、打印和更强的通信联网功能,可用于大规模过程控制或构成分布式网络控制系统,实现工厂自动化。

一般低档机多为小型 PLC,采用整体式结构;中档机可为大、中、小型 PLC,其中小型 PLC 多采用整体式结构,中型和大型 PLC 采用模块式结构。

1.2 PLC 的发展趋势

从世界上第一台 PLC 诞生至今的 40 多年时间里,PLC 技术得到了迅猛的发展。PLC 的应用领域从最初单一的逻辑控制发展到包括模拟量控制、数字控制及机器人控制等在内的各种工业控制场合,成为工业控制领域中占主导地位的基础自动化设备。





在 PLC 应用方面,我国是很活跃的,应用的行业也很广。如上海宝钢第一、二期工程中共使用了近 900 台 PLC,又如武汉钢铁厂、首都钢铁厂、秦山核电站、上海别克汽车生产线、北京吉普车生产线等都大量采用 PLC 进行自动化控制,取得了显著的经济效益。迅猛发展的经济催生了巨大的需求,生产的快速发展带来了可编程逻辑控制器(PLC)以及各种自动化产品和服务的健康增长。ARC 咨询集团的一份新报告指出,预计未来 5 年里全球 PLC 市场总值将以每年 7.3% 的年复合增长率(CAGR)增长。2006 年该市场总值超过 83 亿美元,而到 2011 年将接近 120 亿美元。PLC 未来的发展方向如下。

1. 微型化、网络化、开放性

微型化、网络化、开放性是 PLC 未来发展的主要方向。随着 PLC 控制组态软件的进一步完善和发展,安装有 PLC 组态软件和 PC-based 控制的市场份额将逐步得到增长。当前,过程控制领域最大的发展趋势之一就是以太网(Ethernet)技术的扩展,PLC 也不例外。现在,越来越多的 PLC 供应商开始提供 Ethernet 接口。

2. 智能模块

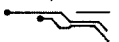
智能模块是以微处理器为基础的功能部件,是 PLC 未来发展的另一方向。为满足工业自动化各种控制系统的需要,国内外众多 PLC 生产厂家不断致力于开发各种新器件和智能模块,如专用智能 PID 控制群,智能模拟量 I/O 模块,智能位置控制模块,语音处理模块,专用数控模块,智能通信与计算模块等。这些模块的特点是本身带有 CPU,能独立工作,在速度、精度、适应性、可靠性等各方面都对 PLC 作了极好的补充,有助于克服 PLC 扫描算法的局限,完成许多 PLC 本身无法完成的功能。

3. 编程语言的标准化和高级化

PLC 的编程语言主要有梯形图、状态转移图和指令表语言等,其中最常用的是梯形图。梯形图编程虽然方便直观,但随着现代 PLC 产品应用领域的急速扩展,尤其是对于逻辑控制以外的控制领域,如一些复杂的大规模的控制系统以及在通信联网方面的应用,仅靠梯形图编程已经不能满足需求。因此,近年来 PLC 已发展出了多种编程语言,有面向顺序控制的步进顺控语言和面向过程控制系统的流程图语言,还有与计算机兼容的高级语言,如 BASIC、C 语言及汇编语言。另外还有专用的高级语言,如三菱公司的 MELSAP 采用编译的方法将语句变为梯形图程序。还有很多 PLC 公司已开发了图形化编程组态软件,这种软件提供简洁、直观的图形符号及注释信息,使得用户控制逻辑的表示更加直观明了,操作和使用也更加方便。

对于编程语言,各个生产厂家的 PLC 表达方式各不相同,因此不同品牌的 PLC 互不兼容。从 1978 年起,国际电工委员会(IEC)第 65 技术委员会(TL65)在其下设的分技术委员会 SC65B 中,专设了 WGT 工作组制定 PLC 的国际标准,现已颁布的 PLC 标准主要有以下 5 种。

- (1) IEC-1131-1: General Information(一般信息)。
- (2) IEC-1131-2: Equipment Characteristics and Test Requirement (设备特性与测试要求)。
- (3) IEC-1131-3: Programming Language(编程语言)。
- (4) IEC-1131-4: User Guidelines(用户导则)。
- (5) IEC-1131-5: MMS Companion Standard(制造信息规范伴随标准)。





目前更多的 PLC 生产厂家研制出了符合 IEC-1131-3 标准的 PLC 指令系统或软件包,但编程语言在标准化方面还有待进一步完善,以使其具有良好的兼容性。

4. 网络通信功能标准化

网络方面的发展是 PLC 发展的一个重要特征,加强 PLC 的联网能力已成为 PLC 产品的发展趋势之一。

由于目前各公司的总线、扩展接口及通信功能均是各自独立制定的,各个厂家的 PLC 通信协议往往是专用的,还没有一个适合所有公司产品的统一标准。在通信接口上,虽然大多数产品采用了标准化接口,但在通信功能上却是非标准化的。近年来,许多 PLC 生产厂家都在努力使自己的产品与制造自动化协议(MAP)兼容,这将使不同机型的 PLC 之间、PLC 与计算机之间能方便地进行通信与联网,实现资源共享。因此,制定统一的、规范化的总线和标准化的 PLC 扩展接口是 PLC 今后发展的必然趋势。

5. 外部故障检测能力

根据分析,在 PLC 的故障中,CPU 板占 5%,I/O 接口单元占 15%,传感器占 45%,执行器占 30%,接线占 5%。除了前两项共 20%的故障可由 CPU 本身的硬、软件检测以外,其他的 80%都不能通过自诊断查出,因此,各厂家都在开发专门用于检测外部故障的专用智能模块。国外一些主要的 PLC 生产厂家在其生产的 PLC 中增加了容错功能,如自动切换 I/O 双机表决(当输出状态与 PLC 的逻辑状态相比较出错时,会自动断开该输出)和 I/O 三重表决(对 I/O 的状态进行软硬件表决,取两个相同的),以大幅提高 PLC 控制系统的可靠性。

小 结

PLC 具有可靠性高、抗干扰能力强、编程方便、功能完善和适用性强等特点,可用于各种自动控制领域中的开关量控制、模拟量控制、运动控制、数据处理和通信联网等。PLC 的种类较多。

(1) 按 I/O 点数可分为大型(2048 点以上)、中型(512~2048 点之间)、小型(256 点以下)、微型(64 点以下)。

(2) 按其结构可分为整体式、模块式及叠装式三种。

(3) 按 PLC 所具有的功能不同,可将 PLC 分为低档、中档、高档三类。

习 题

1. 什么是可编程控制器?它的发展经历了哪几个阶段?它有哪些主要特点?
2. 简述可编程控制器主要应用在哪些领域。
3. 可编程控制器是如何进行分类的?
4. 为什么说可编程控制器是通用的工业控制计算机?与一般的计算机控制系统相比,PLC 有哪些优点?
5. 简述 PLC 的发展趋势。

