



高等学校教材

电子信息系列

可编程计算机 控制器高级技术

主 编 齐 蓉

主 审 肖维荣

*Electronic
Information*



西北工业大学出版社

高等学校教材

可编程计算机控制器高级技术

主编 齐 蓉

主审 肖维荣

编委 蔡立虹 张秋红 樊慧芳 周素莹 陆晓洁
陈 杨 汪克文 李玉忍 谢利理 林 辉

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书以奥地利贝加莱工业自动化公司 PCC 2000 系列的可编程计算机控制器为背景,系统介绍了目前世界上最先进的可编程计算机控制器的高级编程技术、网络通信和现场总线技术、图文显示系统、运动控制技术和专家模块等,力求将这一领域的最新技术成果介绍给读者。

本书条理清晰,系统性强,内容丰富而新颖,工程实例多,技术水平先进,可作为高等工科院校的专业课教材及工程技术人员培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程计算机控制器高级技术/齐蓉主编. —西安:西北工业大学出版社,2002.8

ISBN 7-5612-1485-5

I. 可… II. 齐… III. 可编程序控制器 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 095988 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072 电话:(029)8493844

网 址: <http://www.nwpup.com>

印刷者:陕西友盛印务有限责任公司印装

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:15.25

字 数:380 千字

版 次:2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~5 000 册

定 价:20.00 元

前 言

可编程计算机控制器(Programmable Computer Controller,简称PCC)是集计算机技术、通信技术、自动控制技术(简称3C技术)为一体的新型工业控制装置。可编程计算机控制器技术从20世纪60年代诞生以来,历经可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller,简称PLC)、可编程控制器(Programmable Controller,简称PC),到如今的PCC,均以其极高的可靠性、丰富的编程语言、实用的编程方法、强大的功能、优良的性能、良好的耐恶劣环境的能力而成为工业控制领域中增长速度最迅猛的工业控制设备。随着3C技术的高速发展,新一代PCC已经能胜任大型集散控制和复杂的过程控制,其良好的兼容性、强大的通信功能、优良的实时性、丰富的功能函数、品种繁多的硬件模块、多种编程语言的使用等,使PCC已能适应各种工业控制的需要。

我们编撰此书的目的是要把当今世界上最先进的PCC模块及其技术介绍给广大读者,使之能迅速应用于我国的工业控制,让众多的工科院校学生和工程技术人员掌握可编程计算机控制器的最新知识。

本书是以奥地利贝加莱工业自动化公司PCC2000系列(2003,2005,2010)的模块式可编程计算机控制器为主线,详细介绍了PCC的高级技术及其应用。贝加莱工业自动化公司在上海(贝加莱中国分公司总部和东华大学)、西安(西北工业大学)及济南(山东大学)都设有软、硬件齐备的PCC培训基地。

书中系统叙述了在复杂工业控制过程中所使用的新一代PCC技术,还详尽叙述了PCC高级编程技术及编程技巧,包括数据模块、例外任务处理、任务调度、数据类型及寻址方式等,特别详细地讲述了PCC网络通信和现场总线技术,并介绍了本地I/O扩展和远程I/O扩展,以及CAN,PROFIBUS,POWERLINK等方面的知识。所介绍的操作系统Automation Studio基于Windows 98和Windows NT平台,书中的举例很多是从工程实例中提炼出来的,为了更紧密地结合工程实际需要,还介绍了图文显示系统、运动控制及专家模块,并详细描写了PCC在各种实际工程系统中的应用实例。本书可作为工科院校研究生的专业课教材(32~40学时)及工程技术人员的培训教材。此外,本书可作为我们编写的《可编程计算机控制器原理及应用》(本科生用书)的后续教材。

张文东在本书编写过程中给予了热情的帮助,并提出了一些宝贵的建议,在此,我们深表感谢。

书中如有错误、不当和遗漏之处,恳请读者不吝指正。

编 者

2002年2月于西北工业大学

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	1
§ 1-2 可编程控制器的定义	2
§ 1-3 可编程控制器的主要功能	2
§ 1-4 PC 的特点	3
§ 1-5 PC 与其它工业控制装置的比较	4
§ 1-6 PC 的发展趋势	6
第 2 章 高级编程技术	8
§ 2-1 数据类型及寻址方式	8
§ 2-2 数据模块	20
§ 2-3 直接 I/O 访问	32
§ 2-4 任务调度	40
§ 2-5 中断任务和例外任务	47
第 3 章 网络通信与现场总线	60
§ 3-1 网络与现场总线	60
§ 3-2 本地 I/O 扩展和远程 I/O 扩展	68
§ 3-3 局域网 CAN	74
§ 3-4 过程现场总线 PROFIBUS	89
§ 3-5 帧驱动器 Frame Driver	98
§ 3-6 以太网 ETHERNET	113
§ 3-7 POWERLINK	117
第 4 章 图文显示系统	121
§ 4-1 人机界面模块	121
§ 4-2 图文显示操作站	129
§ 4-3 Visual Component	133
第 5 章 运动控制及专家模块介绍	138
§ 5-1 TPU 功能	138
§ 5-2 ACOPOS 控制方案	147
§ 5-3 Motion Components	152

§ 5-4 专家模块	167
第 6 章 PCC 控制系统的设计及应用	185
§ 6-1 PCC 控制系统的设计	185
§ 6-2 PCC 在变电站无人值班系统中的应用实例	191
§ 6-3 PCC 在织机设备中的应用实例	207
§ 6-4 PCC 在塑料管材生产线中的应用实例	209
附 录	214
附录 1 常用功能块	214
附录 2 Automation Studio 菜单结构	223
附录 3 常用硬件模块介绍	226
附录 4 系统配置参数说明	234
参考文献	238

第 1 章

可编程控制器概述

可编程控制器因早期主要应用于开关量的逻辑控制,故其最初被称为可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller),简称 PLC。现代的可编程控制器已经发展到以微处理器为基础高度集成化的工业控制装置,它是计算机技术与工业控制技术相结合的控制设备。

§ 1-1 可编程控制器的产生

在 20 世纪 60 年代初期,顺序控制器还主要是由继电器组成,由此构成的控制系统都是按预先规定的时间或条件顺序地工作,若要改变控制顺序就必须改变控制器的硬件接线,这不仅阻碍了产品更新换代的周期,而且对于比较复杂的控制系统来说,不但设计制造困难,而且其可靠性不高,查找和排除故障也往往是费时和困难的。

1968 年,美国最大的汽车制造商通用汽车公司(GM)为了适应汽车型号的不断翻新,想寻求一种新方法,以便尽可能地减少重新设计和重新接线的工作,从而降低成本、缩短周期。为了用新的控制装置取代继电器控制装置,通用汽车公司在公开招标中提出了下述 10 项指标:

- (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)可直接用 115 V 交流电压输入;
- (8)输出电压、电流分别为 115 V, 2 A 以上,能直接驱动电磁阀、接触器等;
- (9)通用性强,易于扩展;
- (10)用户程序存储器容量可扩展到 4 KB。

1969 年,美国数字设备公司(DEC)研制成功第一台 PLC,应用于美国通用汽车自动装配生产线上,取得了极大的成功。

这种新型的工业控制装置以其简单易懂、操作方便、可靠性高、体积小、适于在工业化的环境下运行、使用寿命长等一系列优点,迅速地在各工业领域广泛使用。1971 年,日本从美国引进了这项新技术。1973 年,西欧国家也相继研制成功了可编程控制器。我国从 1974 年开始研制、引进,1977 年开始生产并投入使用。目前,可编程控制器已成为增长速度最快的工业控制设备。

§ 1-2 可编程控制器的定义

可编程控制器出现以后,名称混乱,而且由于其初期在功能上只能进行逻辑控制,因此被称为可编程逻辑控制器。随着技术的发展,一些厂商采用微处理器(MPU)作为可编程控制器的中央处理单元(CPU),使可编程控制器不仅能进行逻辑控制,而且还可对模拟量进行控制。为了使这一新型工业控制装置的生产和发展标准化,美国电气制造商协会(National Electrical Manufacturers Association,简称 NEMA)于 1980 年将它正式命名为可编程控制器(Programmable Controller,简称 PC)。该协会给 PC 的定义如下:“PC 是一种数字式的电子装置,它使用了可编程序的存储器以存储指令,能完成逻辑、顺序、计时、计数和算术运算等功能,并通过数字或类似的输入/输出模块,以控制各种机械或生产过程。”

国际电工委员会(IEC)于 1985 年在其颁布的可编程控制器标准草案第二稿中,又给 PC 作了如下定义:“可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统,是专为在工业环境下应用而设计的。它采用可编程序的存储器,用于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指令,并通过数字式、模拟式的输入/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部设备,都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。”这就是说,PC 是一种特别适合于工业环境的,面向工程技术人员的“蓝领计算机”。有人甚至说,未来的现代化工厂将是这样一幅情景,工人左腰别着螺丝刀,右腰别着编程器。

§ 1-3 可编程控制器的主要功能

随着 PC 技术的不断发展,它与 3C 技术(Computer, Control, Communication)逐渐融为一体。目前的 PC 已从小规模的单机顺序控制,发展到包括过程控制、位置控制等场合的所有控制领域,能组成工厂自动化的 PC 综合控制系统。PC 的主要功能如下。

1. 开关量的逻辑控制

这是 PC 最常用的功能,PC 设置了与(AND)、或(OR)、非(NOT)等逻辑指令,能取代传统的继电器控制系统,实现逻辑控制、顺序控制。它可用于单机控制、多机群控、自动化生产线的控制等。例如注塑机、印刷机械、组合机床、包装流水线、电镀流水线等。

2. 定时控制

PC 能为用户提供几十个甚至几千个计时器。计时器的计时值既可由用户在编制程序时设定,也可由操作人员在工业现场通过人机对话装置实时地设定。计时器的实际计时值也可以通过人机对话装置实时地读出和修改。例如马达空载启动运行数秒后再加入额定负载;注塑机合模后经数分钟再开模等。

3. 计数控制

PC 为用户提供了几十个甚至几千个计数器,其计数设定值的设定方式类似于计时器。一般计数器的计数频率较低,如需要对频率较高的信号进行计数,则需选用高速计数模块,其最高计数频率可达 50 kHz,如贝加莱公司的高速计数模块;或者选用具有内部高速计数模块的 PC,如三菱公司的 FX 系列的 PC,它可提供计数频率达 10 kHz 的内部高速计数器。

4. 过程控制

有些 PC 具有模/数(A/D)转换和数/模(D/A)转换功能,能完成对模拟量的检测、控制和调节。例如对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的闭环 PID(Proportional Integral Derivative)控制。现代的大、中型可编程控制器都有 PID 控制模块,为了既能完成对模拟量的 PID 控制,又不加重可编程控制器内的 CPU 负担,一般选用专用的 PID 模块。

5. 位置控制

目前多数 PC 制造商都提供拖动步进电机或伺服电机的单轴或多轴控制模块。这一模块的功能可广泛地应用于各种机械,如金属切削机床、金属成型机床、装配机械、机器人和电梯等。

6. 步序控制

PC 为用户提供了若干个移位寄存器,可用于步序控制,即一道工序完成后,再进行下一道工序。例如高炉上料系统、供电保护系统、货物存放与提取等。

7. 数据处理

现代的 PC 具有数据处理功能。它能进行数学运算(矩阵运算、函数运算、逻辑运算等)、数据传递、数据转换、排序和查表、位操作等功能,还能完成数据采集、分析、处理。这些数据可通过通信接口传送到其它智能装置。

8. 通信和联网

新一代的 PC 都具有通信功能。PC 的通信包括 PC 相互之间、PC 与上位计算机、PC 与其它智能设备间的通信。PC 系统与通用计算机可以直接或通过通信处理单元、通信转接器相连接构成网络,从而实现信息的交换,并可构成“集中管理,分散控制”的分布式控制系统,满足工厂自动化系统的发展要求。

9. 监控功能

PC 能对系统异常情况进行识别、记忆,或在发生异常情况时自动终止运行。操作人员可以通过监控命令监视有关部分的运行状态,可以调整定时、定数等设定值。

10. 其它功能

PC 还具有显示、打印、报警及对数据和程序硬拷贝等功能。

§ 1-4 PC 的特点

PC 之所以能成为当今增长速度最快的工业自动控制设备,是由于它具备了许多独特的优点。它较好地解决了工业控制领域普遍关心的可靠、安全、灵活、方便、经济等问题。PC 的主要特点如下。

1. 可靠性高、抗干扰能力强

高可靠性是 PC 最突出的特点之一,PC 的平均无故障时间可达几十万小时。由于工业生产过程常昼夜连续,工业现场环境恶劣,各种电磁干扰特别严重。针对这些情况,PC 采取了一系列措施,其主要方法是对所有输入/输出(I/O)接口电路均采用光电隔离,有效地抑制了外部干扰源对 PC 的影响。

(1)各输入端均采用 R-C 滤波器,其滤波时间常数一般为 10~20 ms,对于一些高速输入端则采用数字滤波,其滤波时间常数可用指令设定。

(2)各模块均采用屏蔽措施,防止辐射干扰。

(3)采用优良的开关电源。

(4)对器件进行严格的筛选。

(5)具有自诊断功能。一旦电源或软件、硬件发生异常情况,CPU立即采取措施防止故障扩大。

(6)大型PC还采取双CPU构成冗余结构或由三个CPU构成表决系统,使可靠性进一步提高。目前的PC可以承受幅值为1 000 V,上升时间为1 ms,脉冲宽度为1 s的干扰脉冲。由于PC可以连续工作几十万小时无故障,工业界称之为无故障设备,故现在的PC性能指标不再列出MTBF(平均无故障工作时间)了。

2. 编程简单易学

PC编程大多采用类似于继电器控制线路的梯形图。对于企业中一般的电气技术人员和技术工人,这种面向生产、面向用户的编程方式,与常用的微机语言相比更容易被接受,故梯形图被称为面向“蓝领的编程语言”,PC也被称为“蓝领计算机”。尽管现代的PC也用高级语言编制复杂的程序,但梯形图仍广泛地被使用。

3. 设计、安装容易,调试周期短,维护简单

PC已实现了产品的系列化、标准化、通用化,设计者可在规格繁多、品种齐全的PC产品中选用高性价比的产品。PC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,从而使控制柜的设计、安装接线工作量大为减少。用户程序的大部分可以在实验室模拟进行,调试好后再将PC控制系统放到生产现场联机调试,这样既快速又安全方便,从而就大大缩短了设计和调试周期。在用户维修方面,由于PC本身的故障率极低,维修的工作量很小,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。又由于许多PC采用模块式结构,因此一旦某模块发生故障,用户可通过更换模块的办法,使系统迅速恢复运行。有些PC如贝加莱的产品还允许带电插拔I/O模块。

4. 模块品种丰富、通用性好、功能强大

除了单元式小型PC外,多数PC均采用模块式结构,并形成大、中、小系列产品。常见的模块有各类电源模块、CPU模块、直流I/O模块、交流I/O模块、温度模块、数字量混合模块、模拟量混合模块、网络模块、接口模块、定位模块、PID模块、空模块、高速记数模块、鼓序列发生器模块等。现代的PC具有工业控制所要求的各种控制功能,它既可控制单台设备,又可控制一条生产线或全部生产工艺过程。PC具有通信联网功能,可与相同或不同厂家和类型的PC联网,并可与上位机通信构成分布式控制系统。

5. 体积小、能耗低

以奥地利贝加莱公司2005系列的PCC机为例,若选用电源模块PS794,开关量模块DI486(32路输入,功耗1.2W),DO486(32路输出,功耗1W),模拟量模块AI350(8路输入,功耗5W),AO350(8路输出,功耗5W),那么整个外形尺寸为165 mm×360 mm×123 mm。由于体积小,重量轻,很容易装入机械设备内部,是实现机电一体化的理想控制设备。

§ 1-5 PC与其它工业控制装置的比较

一、PC与继电器控制系统的比较

以下几个方面说明了PC取代传统的继电器控制系统已成必然趋势。

1. 控制方式

继电器的控制是采用硬件接线实现的,它是利用继电器机械触点的串联或并联及延时继电器的滞后动作等组合形成控制逻辑,它只能完成既定的逻辑控制。其连线多而复杂,且体积大,功耗大,一旦系统设计制造完成后,再想改变或增加功能将十分困难。此外继电器触点数目有限,其灵活性和扩展性也很差。而 PC 采用存储逻辑,其控制逻辑是以程序方式存储在内存中,要改变控制逻辑,只须改变程序即可,故称“软接线”。其连线少,体积小,且 PC 中每只软继电器的触点理论上可使用无限次,因而其灵活性和扩展性极佳。又由于 PC 是由大规模集成电路组成,所以功耗很小。

2. 控制速度

继电器控制逻辑是依靠触点的机械动作实现控制,其工作频率低,触点的开合动作一般在几十毫秒,此外机械触点还会出现抖动现象。而 PC 是由程序指令控制半导体电路来实现控制,速度极快,一般一条用户指令的执行时间在微秒数量级。PC 内部还有严格的同步,不会出现抖动问题。

3. 延时控制

继电器控制系统是靠时间继电器的滞后动作实现延时控制的,因时间继电器定时精度不高,易受环境温度和湿度的影响,所以调整时间困难。PC 用半导体集成电路作定时器,时间脉冲由晶体振荡器产生,精度高,用户可根据需要在程序中设定定时值,定时精度小于 10 ms,定时时间不受环境影响。

4. 其它控制方式

继电器控制系统一般只能进行开关量的逻辑控制,且没有计数功能。PC 除了能进行开关量逻辑控制外,还能对模拟量进行控制,而且能完成多种复杂控制。

5. 设计与施工

用继电器实现一项控制工程,其设计、施工、调试必须依次进行,因而周期长,且修改困难,工程越大,这一问题就越突出。用 PC 完成一项控制工程,在系统设计完成以后,现场施工和控制逻辑的设计可以同时进行,其周期短,且调试和修改都很方便。

6. 可靠性和可维护性

继电器控制系统使用了大量的机械触点,连线也多。触点的开闭会受到电弧的损坏,还有机械磨损,因而寿命短,可靠性和维护性都差。而 PC 采用微电子技术,大量的开关动作由无触点的半导体电路来完成,因此寿命长,可靠性高。又由于 PC 具有自检和监测功能,为现场调试和维护提供了方便。

7. 价格

使用继电器控制价格便宜,而用 PC 价格较高。但若把维护、故障造成的损失等因素考虑进去,使用 PC 可能更为便宜。

二、PC 与微型计算机的比较

1. 应用范围

微机除了用于控制领域外,其主要是用于科学计算、数据处理、计算机通信等方面。而 PC 主要用于工业控制。

2. 使用环境

微机对环境要求较高,一般要在干扰小,具有一定温度和湿度要求的机房内使用。而 PC 适应于工程现场环境。

3. 输入和输出

微机系统的 I/O 设备与主机之间采用微电联系,一般不需要电气隔离,但外部控制信号须经 A/D, D/A 转换后方可与微机相联。PC 一般可控制强电设备,无须再做 A/D, D/A 转换接口,且 PC 内部有光-电耦合电路进行电气隔离,输出采用继电器、可控硅或大功率晶体管进行功率放大,因而可直接驱动执行机构。

4. 程序设计

微机具有丰富的程序设计语言,要求使用者具有一定的计算机硬件和软件知识。PC 有面向工程技术人员的梯形图语言和语句表,一些高级 PC 也具有高级编程语言。

5. 系统功能

微机系统一般配有较强的系统软件,并有丰富的应用软件,而 PC 的软件则相对简单。

6. 运算速度和存储容量

微机运算速度快,一般为微秒级,为适应大的系统软件和丰富的应用软件,其存储容量很大。PC 因接口的响应速度慢而影响数据处理速度,PC 的软件少,编程也短,内存容量小。

三、PC 与单板机的比较

1. 单板机的优点

单板机结构简单、价格便宜,一般用于数据采集、数据处理和工业控制。它在数据采集和数据处理方面优于 PC,但它与 PC 相比还有一些缺点。

2. 单板机的缺点

(1)不如 PC 容易掌握:单板机一般用机器指令或助记符编程,要求设计者具有一定的计算机硬件和软件知识。

(2)不如 PC 使用简单:用单板机来实现自动控制,一般要在输入、输出接口上做大量的工作。例如要考虑现场与单板机的连接、接口的扩展、输入/输出信号的处理、接口的工作方式等。其调试也比较麻烦。

(3)不如 PC 可靠:用单板机进行工业控制,其突出问题在于抗干扰能力差,可靠性低。

四、PC 与集散系统比较

(1)PC 是由继电器逻辑控制发展而来的,而集散系统(DCS)是由回路仪表控制发展而来的,但两者的发展均与计算机控制技术有关。

(2)早期的 PC 在开关量控制、顺序控制方面有一定优势,而集散系统在回路调节、模拟量控制方面有一定的优势。

今天,二者相互渗透,互为补充。PC 与 DCS 的差别已不明显,它们都能构成复杂的分级控制,从趋势来看,二者的统一将组成全分布式计算机控制系统。

§ 1-6 PC 的发展趋势

PC 从诞生至今,虽然只有 30 多年的历史,但其发展势头迅猛。如今我们会发现工业自动

化领域的新术语层出不穷。如:PC,IPC(工业控制计算机),DCS(计算机集散控制系统),PCC(可编程计算机控制器),PCS(过程控制系统)、FCS(现场总线控制系统)……若用PC来表述当今的可编程控制系统已不再合适,这是因为其中已溶入了工业计算机和计算机集散系统的特点。贝加莱公司已于1994年首次提出了“可编程计算机控制器——PCC(PROGRAMMABLE COMPUTER CONTROLLER)”的概念,SIEMENS公司提出了“过程控制系统——PCS(PROCESS CONTROL SYSTEM)”的概念。今后,PC主要朝如下几个方面发展。

1. 大型网络化

今后的PC将具有DCS系统的功能。网络化和强化通信能力是PC的一个重要发展趋势。PC构成的网络将由多个PC、多个I/O模块相连,并可与工业计算机、以太网等相连构成整个工厂的自动控制系统。现场总线技术(如:PROFIBUS)在工业控制中将会得到越来越广泛地应用。

2. 模块种类将丰富多彩

为了适应各种特殊功能的需要,各种智能模块将层出不穷。智能模块是以微处理器为基础的功能部件,它们的CPU与PC的CPU并行工作,占用主机的CPU时间很少,有利于提高PC的扫描速度和完成特殊的控制要求。

3. 高可靠性

一些特定的环境和条件要求自动化系统有很高的可靠性,因而自诊断技术、冗余技术、容错技术在PC中得到广泛地应用。如:贝加莱的产品可方便地实现三重或多重冗余,其电源冗余可直接由并行插电源模块来实现,其I/O模块在运行中还可热插拔。

4. 良好的兼容性

PC产品的优劣除了要看其内在技术是否优良外,还需要考察其满足国际化的程度和水平。标准化一方面保证了产品的出厂质量,另一方面也保证了各厂家产品的相互兼容。

5. 小型化、低成本

小型PC的基本特点是价格低,简单可靠,适用于回路或设备的单机控制,便于机电一体化。除此而外,小型PC有灵活的组态特性,能与其它机型连用。

6. 编程语言的高级化

除了梯形图、语句表、流程图外,一些PC增加了BASIC,C等编程语言。另外,将出现通用的、功能更强的组态软件,进一步改善开发环境,提高开发效率。

第 2 章

高级编程技术

一些高档的可编程控制器为了满足各种复杂工业控制的要求,除提供基本编程功能外,还提供了多种高级编程功能。本章以贝加莱(B&R)公司的 PCC 为例,概要介绍其高级编程功能,例如:数据类型及寻址方式、数据模块的处理、直接 I/O 访问处理、任务的调度及例外任务的处理等。

§ 2-1 数据类型及寻址方式

一、标准的数据类型

在任务执行过程中,所定义的变量值会不断变化,因此必须正确设定其属性,程序才能对之进行最优编辑。所以在编程过程中定义变量的数据类型时,应注意以下几点:

- (1) PV(Process Variable 过程变量)的最大值。
- (2) PV 是否带符号。
- (3) PV 将执行的操作。
- (4) PV 是否与硬件有关连。

然后,才可以决定最合适的数据类型。

B&R Automation Studio(简称 AS)编程环境提供的标准数据类型与其早期的编程环境 PG2000 相比,有很大变化。表 2-1 显示了 B&R 编程语言支持的所有标准数据类型。

表 2-1 标准数据类型表

名 称	位 数	数 值 范 围	用 途
BOOL	1	0 ~ 1	开关量信号
DINT	32	-2 147 483 648 ~ 2 147 483 648	模拟量信号
INT	16	-32 768 ~ 32 767	
SINT	8	-128 ~ 127	
UDINT	32	0 ~ 4 294 967 295	
UINT	16	0 ~ 65 535	
USINT	8	0 ~ 255	
REAL	32	$-3.4 \times 10^{38} \sim 3.4 \times 10^{38}$	

存储文本和日期时间格式见表 2-2。

表 2-2 标准数据类型表

名 称	长 度	数 值 范 围	用 途
STRING	1_xx B	2 ~ 32 767 个字符	文本、字符串
TIME	4 B	0~4 294 967 295 ms	时间
DATE_AND_TIME	4 B	从 1970 年开始	日期

所有标准的数据类型(BOOL~DATE_AND_TIME)在表中已经很清楚地列出了。编程时,对不同的变量进行数据类型定义是十分重要的。定义结构要用到数据类型。结构是一种复杂的数据类型,有关它的内容及其它复杂数据类型的内容将在下文中进行详细地介绍。

二、复杂的数据结构

在很多情况下,为提高程序的有效性和运行速度,我们必须使用一些复杂数据类型的变量来达到这一目的。

1. 数组

一个正常的 PV 可设想为一个箱子,信息可以存放,也可以从中读取。如需要几个 PV,必须对之进行单独定义和存放。在一个数组中,带有相同数据类型的几个 PV 以邮箱的方式组合(数据类型相同、内容不同),这类组合能用单独名称引用。因此,数组极大地方便了对大量数据的编程和处理。

数组的结构与它在存储器中的存储结构是一样的,如图 2-1 所示。

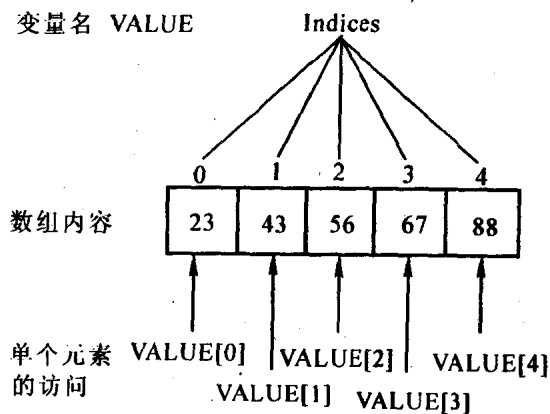


图 2-1 数组结构图

为了引用单个的元素,应使用各元素的索引,索引号从 0 开始,数组名与带索引号的方括号之间不应该有空格。

例 2-1 有一台机器能供应 8 种不同味道的饮料,用指令表 IL 语言编写一段用于选择不同味道饮料的程序。每种饮料的选择与一个按钮相对应,1 表示按钮按下,有此种饮料输出,0 表示与之相反。假定 dispense(drink)是一段已编写好的能根据要求输出合适饮料的子程序。

本程序变量声明表:

PV Name	Data Type
---------	-----------

```

drinks      BOOL[8]
index       USINT
drink       USINT

```

IL 编程代码如下:

```

LD          0
ST          index
ADD         1
ST          drink
Loop: LD     drinks[index]
CALC       dispense(drink)
JMPC       Cont
LD         index
ADD        1
ST         index
ADD        1
ST         drink
LE         8
JMPC       Loop

```

Cont:

在 AS 提供的功能库中,有专门处理数组的函数。例如:

```

memcpy( )    拷贝一个数组(指定长度)
Sizeof( )    返回数组的长度

```

2. 字符串 STRING

为了打印或显示信息,必须存储字符串。字符串是一种特殊的数组,用来存放字符数据,数组中的一个元素存放一个字符,数组的长度与所存的字符个数一样。可以用有效的 ASCII 字符填充字符数组。像所有的变量一样,首先必须初始化所有的数组元素,否则它可能含有一些无用的内容。同 C 语言的规定一样,B&R 编程语言的字符串中也有“字符串结束标志 NULL”,即字符串必须以“0”结尾(这是数字“0”,而不是字符“0”),它可以告诉函数在哪里停止使用字符串。因此在定义字符串长度时,必须为 NULL 准备一个位置。

例 2-2 用指令表 IL 语言编程初始化一个字符串。

本程序变量声明表:

PV Name	DATA Type	Scope	Attribute	Value
index	SINT	Global	memory	* remanent
str	USINT[16]	Global	memory	* remanent

IL 语言编程如下:

```

(* init program *)
LD      0          ;initialize loop counter
ST      index
(* cyclic program *)

```

```

Loop:
    LD    0
    ST    str[index] ;clear element
    LD    index      ;increment loop index
    ADD   1
    ST    index
    LE    15         ;check for end of loop
    JMP   Loop       ;loop back if not finished

```

在 B&R 提供的 STANDARD 功能库中,有处理字符串的函数,它们简化了处理过程,即对字符串不再是一个一个地处理,而是将其作为一个整体来处理。例如:

```

strcpy( )   将一个字符串拷贝到另一个字符串中
strcat( )   将一个字符串加到另一个字符串的后面
strlen( )   返回字符串的长度(包括 NULL)
DIS_str( )  将一个字符串写入 2010 CPU 的状态显示
itoa( )     将 INT 转换成 ASCII 字符串
DIS_chr( )  将一个字符写入状态显示

```

3. 结构

结构是一系列相关变量(具有相同或不同数据类型)为清晰起见而形成的数据组。这对复杂采集过程中数据的组织有很大的帮助,因为它要管理的不再是大量单个的数据,而是清晰明了的有逻辑结构的数据组。B&R 编程语言中的结构与 C 语言中的结构或 PASCAL 语言中的结构非常类似。结构中的所有元素不一定必须是相同类型的数据,它们可以是任意类型数据的相互组合。单个的元素可以是简单数据类型,也可以是数组或字符串类型,甚至可以是一个结构。就像 BOOL 或 USINT 等简单数据类型一样,结构也是一种类型,它有一个名字,可以用这个名字来定义变量。

例如:

数据类型定义:结构 DAYTIME,其组成如图 2-2 所示。

变量声明如下:

PV Name DATA TYPE

Date DAYTIME

数据类型定义:结构 DAYTIME

Item DATA TYPE

Year UINT

Month USINT

Day USINT

访问单个元素:

```

Date. Day
   |   |
   |   |——元素名
   |   |——分割点
   |——变量名

```

结构名

结构参数

单个元素

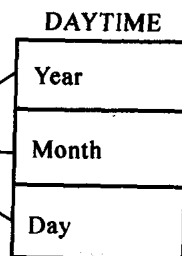


图 2-2 结构组成