

主编 陈兆宽

计算机过程控制 软件设计

(国家自然科学基金资助项目)

STD

★ 电子工业出版社



计算机过程控制 软件设计

陈兆宽 刘雅增 陈 辉 著

(国家自然科学基金资助项目)

电子工业出版社

(京)新登字 055 号

内 容 提 要

本书主要介绍 STD 总线微机过程控制的软件设计方法。书中提供了一套在现场使用过的可靠的程序库。读者在看完本书后,结合本专业的实际知识,即能为 STD 总线微机编写过程控制应用软件。

本书内容丰富,具有先进性、科学性、实用性和系统性。

本书对石油、化工、电力、冶金、轻工、食品、酿造、纺织、冷冻等工业部门从事微机过程控制的工程技术人员是一本很好的学习软件设计的入门书。本书也可作为上述相应行业的各类自动化与计算机应用专业的研究生与本科高年级学生的教材。

计算机过程控制

软 件 设 计

陈兆宽 等著

责任编辑 邱雷南

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经售

电子工业出版社计算机排版室排版

人民卫生出版社印刷厂印刷

开本:787×1092 毫米 1/32 印张:14 字数 302 千字

1993 年 1 月第 1 版 1993 年 1 月 第 1 次印刷

印数:7000 册定价:8.10 元

ISBN7-5053-1803-9/TP·417

序 言

微型计算机过程控制是近十多年来迅速发展起来的一项先进技术,它可以用来改造传统产业部门的落后技术。采用这项新技术,将会给企业带来节能降耗及提高产品产量、质量的好处。

本书是一本论述微型计算机过程控制软件设计的入门书。为了说明本书的写作意图,让我们先简要地回顾一下过程控制的发展历史。

过程控制经历了从气动仪表到电动仪表,又从电动仪表到直接数字计算机控制的发展阶段。到本世纪六十年代,已出现了用一台电子数字计算机控制数百个回路的系统。计算机对生产过程的集中控制和检测,克服了模拟仪表过分分散的缺点,并使常规仪表难以实现的复杂控制系统和控制策略得以实现。但是,随着一台计算机的控制与管理功能的高度集中,事故发生的危险也被高度集中,即“危险集中”,一旦计算机出现故障,将会导致整个生产过程的瘫痪。

1970年以后,微处理器问世。由于微处理器价格便宜,可靠性高,它给分散控制的思想提供了物质基础。原来因计算机价格昂贵不得不用一台数字计算机来集中控制整个生产过程,现在可以用多台微型计算机来代替,每台微机控制一个工段,从而使“危险分散”,然后通过通讯手段将多台微机连接起来,组成“分布式计算机控制系统”,仍可实现集中管理。

自1978年美国PRO-LOG公司推出STD总线以来,由于其结构简单、接口扩展方便、体积小、功耗低、安全可靠、性

能价格比高,以及能适应恶劣的工业应用环境等优点,它已经成为广泛流行的工业控制用计算机标准总线,也是我国重点推广的工业控制计算机总线之一。我国已有不少计算机厂家,相继开发生产了 STD 总线母板和各种模板,这些产品在国内选购是十分方便的。

虽然有了硬件设备,但是如果没有相应的适用于各行各业的过程控制应用软件,它的推广将受到一定的影响。因此,目前迫切需要有一本介绍 STD 总线微机过程控制应用软件设计的入门书,本书正是为了这种目的而编写的。

本书作者已有十多年从事微机过程控制的应用软件开发和教学工作经验。书中绝大部分内容都是从化工过程微机控制实际项目的开发工作中总结出来的。正是由于来自现场的实践经验,因此本书内容密切联系实际,深入浅出,并较全面地、系统地介绍过程控制中各种应用软件的程序设计方法,直到能构成较先进的分布式计算机控制系统。这些设计方法,有一定的通用性,它对我国大量的中小型企业的技术改造是十分有用的。

读者阅读本书要具有 Z-80 汇编语言程序设计的基础知识。本书不介绍 STD 总线产品的硬件线路,关于这方面的知识,读者可参考有关生产厂家的使用说明书。

读者看懂本书后,再结合本行业的实际知识,将两者融合起来,即能为 STD 总线微机在本行业的应用编写软件。

本书的编写与出版受到国家自然科学基金的资助,特此表示感谢。

陈兆宽

1991 年 12 月于山东大学

目 录

第一章 计算机过程控制概论	(1)
1.1 过程控制与计算机过程控制	(1)
1.1.1 生产过程与过程控制	(1)
1.1.2 人工控制、仪表控制与计算机控制	(2)
1.1.3 计算机过程控制系统中的一些术语	(3)
1.2 工业过程控制计算机的 构成及其功能和特点	(5)
1.2.1 DDC 计算机系统的结构方框图	(5)
1.2.2 计算机过程控制系统的功能与要求	(6)
1.3 过程控制计算机系统的分类	(9)
1.4 STD 总线工业控制计算机简介.....	(11)
第二章 STD 总线过程控制微机人机联系 与监控程序	(15)
2.1 人机联系与监控程序概述.....	(15)
2.2 在线人机对话与离线人机对话.....	(16)
2.3 过程控制微机监控程序的设计方法.....	(17)
2.3.1 过程控制微机在线人机对话 所要完成的任务.....	(17)
2.3.2 监控程序的设计方法	(19)
2.4 监控程序的框图与程序清单.....	(26)
2.4.1 监控程序的框图.....	(26)
2.4.2 监控程序及其子程序清单	(38)

2.5	对监控程序使用的几点说明	(67)
2.5.1	监控程序的硬件配置与实验注意事项	(67)
2.5.2	硬件配置更改时监控程序的更改问题	(68)
2.5.3	监控程序中的时间查询子程序中 各 S _i 子程序的调用问题	(69)
第三章	过程控制微机的时间中断服务程序	(71)
3.1	中断的概念,时间中断在 过程控制中的重要性	(71)
3.2	几种典型的定时接口芯片的初始化编程	(75)
3.2.1	Z—80CTC 计数器/定时器的初始化	(75)
3.2.2	高级微处理器 HD64180 的可编程 定时器 PRT 的初始化编程	(80)
3.3	时间中断服务程序的设计 要求与程序清单	(86)
3.4	时钟中断服务程序的清单	(88)
第四章	模拟量的计算机控制方案与参数表的使用	(93)
4.1	模拟量输入、输出通道口上的编程	(93)
4.1.1	概述	(93)
4.1.2	A/D 转换板编程举例	(94)
4.1.3	D/A 转换板编程举例	(99)
4.2	采样信号的剔点滤波与递推平均	(106)
4.2.1	概述	(106)
4.2.2	剔点滤波子程序	(107)
4.2.3	递推平均滤波子程序	(112)
4.3	数字 PID 调节器的算法及其编程	(116)
4.3.1	增量式数字 PID 调节器的算法	(116)
4.3.2	带小数的增量式数字 PID	

调节器的编程方法	(118)
4.3.3 具有不完全微分的带小数数字 PID	
调节器的编程	(128)
4.4 伐位限幅与手动伐位自动跟踪的编程	(131)
4.4.1 伐位限幅的算法公式	(131)
4.4.2 手动伐位自动跟踪问题	(132)
4.5 一种在相平面上为非线性的	
通用高精度数字调节器	(138)
4.6 大纯滞后的 SMITH 补偿	
控制算法的编程公式	(141)
4.7 前馈控制算法及其编程公式	(145)
4.7.1 前馈控制概述	(145)
4.7.2 一种典型的前馈调节器的算式	(146)
4.8 比值调节与串级调节编程的注意事项	(147)
4.8.1 比值调节	(147)
4.8.2 串级调节	(149)
4.9 工业锅炉的计算机控制方框图	
与控制算法	(151)
4.9.1 问题的提法	(151)
4.9.2 锅炉给水的计算机控制算法	(154)
4.9.3 锅炉燃烧系统的计算机控制	(160)
4.10 监控程序参数表的使用	(169)
4.11 数字调节器连接程序与调用程序	(176)
4.11.1 概述	(176)
4.11.2 蒸汽压力串级调节系统的程序	
连接与子程序调用问题	(177)
第五章 开关量输入、输出的编程及其应用	(183)

5.1	开关量输入、输出的实际例子·····	(183)
5.1.1	从合成氨厂间歇式造气炉工艺流程谈起·····	(183)
5.1.2	加氮量控制的开关量输入、输出通道·····	(185)
5.2	开关量输入、输出板的编程及其初始化·····	(187)
5.2.1	不可编程开关量输入、输出接口板的编程·····	(187)
5.2.2	可编程开关量输入、输出接口板的初始化编程·····	(189)
5.3	合成氨厂加氮量的脉冲调宽控制系统·····	(191)
5.3.1	脉冲调宽系统概述·····	(191)
5.3.2	合成氨厂加氮量的脉冲调宽控制系统·····	(193)
5.3.3	加氮量脉冲调宽系统执行程序的编写·····	(196)
5.4	利用开关量输出通道减少模拟变送器·····	(210)
第六章	其它数据处理软件的编程问题·····	(216)
6.1	巡回显示程序设计及其例子·····	(216)
6.1.1	概述·····	(216)
6.1.2	巡回显示子程序的例子·····	(216)
6.2	报警子程序及其例子·····	(218)
6.2.1	概述·····	(218)
6.2.2	报警字的设置·····	(219)
6.2.3	声报警子程序·····	(219)
6.2.4	参数越限查询及其报警子程序·····	(222)
6.3	采样字与工程量的互相转换问题·····	(226)
6.3.1	由采样字转换成工程量的编程·····	(226)
6.3.2	由工程量转换成采样字的编程·····	(228)
6.4	流量累计的编程·····	(233)
6.5	非线性传感器的线性校正问题·····	(238)
6.5.1	问题的提法·····	(238)

6.5.2	饱和蒸汽流量的压力补偿程序	(239)
6.5.3	烟气含氧量采样值的线性校正	(241)
第七章 STD 总线微型机的屏幕汉字		
	显示、作图与打印	(246)
7.1	STD 总线微机屏幕显示配置问题	(246)
7.1.1	TPSTD8305CRT 显示控制板	(247)
7.1.2	TPSTD8305 显示控制板的绘图 子程序库 PLOT	(251)
7.2	利用 PLOT 子程序库进行 工程量屏幕显示	(261)
7.2.1	工程量屏幕显示的构图设计	(261)
7.2.2	工程量屏幕显示程序的设计方法	(263)
7.2.3	工程量屏幕显示程序清单与注释	(269)
7.3	利用 PLOT 子程序库进行动态曲线显示 ...	(288)
7.3.1	动态曲线显示构图设计	(289)
7.3.2	动态曲线显示程序的设计方法	(290)
7.3.3	动态曲线显示程序清单与注释	(292)
7.4	利用 PLOT 子程序库进行拷贝屏幕打印 ...	(299)
7.5	屏幕显示软件的控制程序	(301)
7.5.1	控制屏幕画面转换子程序 KHMZH	(301)
7.5.2	控制屏幕画面定时更新内容程序	(302)
第八章 STD 总线微型机的串行通讯		
	与分布式控制系统	(307)
8.1	串行通讯的一般概念	(307)
8.1.1	串行通讯的概念	(307)
8.1.2	异步串行通讯的数据格式	(308)
8.1.3	异步串行通讯接口的编程	(310)

8.1.4	串行通讯线路	(311)
8.2	几种典型 STD 总线串行通讯 接口板的使用与编程介绍	(319)
8.2.1	TP-STD8802A 加强型 CPU 板的串行通讯通道	(320)
8.2.2	一种建立 STD 总线工控机 专用汉字库的方法	(327)
8.2.3	MS-2104 串行通讯接口板	(331)
8.3	典型通讯分配器产品使用介绍	(340)
8.3.1	MS-2101 RS-232C 多路 分配器工作原理	(341)
8.3.2	MS-2101 RS-232C 多路 分配器使用方法	(342)
8.4	分布式控制系统的串行通讯构成	(346)
8.4.1	分布式控制系统的串行通讯硬件配置	(346)
8.4.2	分布式控制系统的通讯程序设计	(347)
第九章 过程控制微机软件的初始化		
	程序与软件抗干扰技巧	(363)
9.1	初始化程序的内容	(363)
9.2	某些 RAM 单元的初始化、栈顶设置 与开中断问题	(364)
9.3	现场干扰对微机软件的影响	(370)
9.3.1	过程控制微机在现场所遇到的干扰	(370)
9.3.2	微机受干扰后软件出错的表现	(371)
9.3.3	软件出错的原因分析	(372)
9.4	软件抗干扰措施	(373)
9.4.1	初始化引导程序	(373)

9.4.2	反复置栈顶与反复开中断	(375)
9.4.3	看门狗技巧——自动复位重新启动	(375)
9.4.4	参数表的表决纠错	(377)
第十章 计算机控制系统的现场		
	投运及其参数整定	(381)
10.1	微机投运前对现场的要求	(381)
10.2	微机现场投运时的注意事项	(382)
10.3	过程控制被控对象的近似数学模型	(384)
10.4	定值调节与随动调节	(391)
10.5	调节器的参数整定准则	(392)
10.6	PID 调节器参数的工程整定法	(393)
10.6.1	临界比例带法	(394)
10.6.2	飞升曲线法	(394)
10.7	参数工程整定法的理论基础	(397)
10.7.1	各种调节器参数所要满足的方程式	(397)
10.7.2	临界比例带法的理论解释	(399)
10.7.3	飞升曲线法参数整定公式的理论解释	(405)
10.7.4	采样周期的选择问题	(407)
10.7.5	参数整定的经验法	(408)
10.8	数字 PID 调节器的参数整定	(410)
10.9	微机现场投运时手动与 自动的无扰动切换规则	(411)
附录一:常用运算子程序清单		(414)
附录二:本书提供的程序与子程序一览表		(428)
附录三:TPSTD8305 显示控制板绘图		
	子程序库 PLOT 子程序表	(434)
参考文献		(435)

第一章 计算机过程控制概论

1.1 过程控制与计算机过程控制

1.1.1 生产过程与过程控制

工业生产有两种类型：一类是可以间断的生产，例如常见的机械加工厂就属于这种类型，它的产品由一些零部件组成，这些零部件分别由某些车间加工，再由总装车间完成产品的装配与检验，这类工厂在任务不多时，只要白天生产，晚上可以停产，而且各生产车间之间的联系并不十分紧密；另一类是连续生产，每天二十四小时都要不间断地生产，原材料不断地进厂，经输送与加工，成品不断地出厂或储存，例如发电厂、化工厂、炼油厂、钢铁冶炼厂、水泥厂、酿酒厂等都属于这种类型。这类厂的生产过程是一个流程，各生产车间或工段在生产流程中前后有一定的顺序，前工序与后工序之间是密切关联的，它们组成一个有机的整体。只要这个整体中的某一车间或工段出了故障，则整个流程就无法进行下去。我们把这种类型的生产叫做连续的生产过程，简称生产过程。

为了使生产过程优质高产，工艺设计人员要从各种物料平衡与能量平衡的稳态工况出发，规定在生产过程中各工段的工艺参数必须控制在一定的数值上或在一定的范围内，这

样就能使整个生产过程在预定的稳态工况附近工作,以保证产品的产量与质量。我们把生产过程中各工段的工艺参数稳定在某个数值上或稳定在某一范围内的控制叫做过程控制。目前,大多数过程控制的检测参数是属热工参数如温度、压力、流量、液面等,有时过程控制还涉及到成分的控制。值得指出的是,近年来发展起来了一种动态过程控制的设计思想,这种设计思想,是从生产过程的全局着眼,考虑了过程的优化、高效、节能、安生运行等因素,使整个生产过程运行于最佳状态。

1.1.2 人工控制、仪表控制与计算机控制

最原始的过程控制是完全由人工控制的,主要通过人的视觉等进行检测,然后经过人脑的判断和决策,再由人的手(或脚)去执行的。在这里,人起到了检测仪表、控制器(也称调节器)与执行器的三大作用;稍进一步,在生产过程中装上检测仪表和执行器,由人观察检测仪表的测量结果,经大脑的分析与判断,再去指挥执行器。我们把以上两种控制方式都叫做人工控制,前一种是最原始的落后的人工控制,后一种是稍微前进了一步的人工控制,人在其中主要起控制器的作用。在人工控制过程中,一个人可以控制若干个参数。但是,生产过程变得越来越复杂,而人的体力与精力均有限,不可能控制太多的参数,也很难做到及时控制,所以有时会失去控制,这样就不能保证产品的产量和质量。

模拟控制器(或称模拟调节器)就是为了解决上述问题而发展起来的,它可以代替人的分析、判断、决策功能,使控制具有合理的一致性。这种过程控制系统,通常一个被控参数要配

备一套检测仪表、模拟调节器与自动执行器。此外,根据需要还要配备各种二次仪表,如色带指示仪、报警器、累计积算器、记录仪等(这些仪表不一定全要)。我们把完全用仪表来实现的过程控制叫做常规仪表过程控制。

常规仪表过程控制比人工控制先进了一步,但它还是有缺点的,这就是一个调节器只能控制一个参数,两只调节器之间,又只能进行十分简单的信息交换(如串级调节与比值调节等)无法进行较复杂的信息交换;此外,若被检测参数很多则二次仪表的数量就很多,而且安装又很分散,不便于集中管理。因此,常规仪表控制虽比人工控制先进,但又不如人工控制那样方便:一个人可以控制与管理几个被控参数。

随着电子数字计算机的出现,由于电子计算机具有运算速度快和逻辑判断功能强等优点,人们试图让电子计算机来代替人工控制中人的分析、判断、决策功能以及常规仪表控制中的二次仪表功能。从本世纪 50 年代末就出现了计算机过程控制系统,它既能象常规仪表控制系统那样实现对被控参数的自动控制,又能象人那样进行集中控制与集中管理,并且还具有使各数字控制器、各工段、各车间之间信息交换方便的优点。

1.1.3 计算机过程控制系统中的一些术语

本小节,我们介绍计算机过程控制系统中的一些常用术语。

直接控制

根据被控制量的设定值和测量值决定控制量的大小,并使执行机构执行这个决定,我们把它叫做直接控制。

监督控制

根据工艺要求或经营策略方面的考虑,决定被控参数达到的期望数值,并对控制器按这个数值进行设定(这个数值叫做给定值或设定值),我们把它叫做监督控制。

直接控制与监督控制可以由人工、仪表或电子数字计算机来实现。二者全部由人工来执行的叫做人工控制;而由人工或仪表进行监督、仪表直接控制的叫做仪表控制;由计算机直接控制、人工进行监督控制的叫做直接数字控制,简称 DDC;由仪表进行直接控制、计算机进行监督控制的叫做计算机监督控制,简称 SCC;由计算机进行直接控制并进行监督控制的称为计算机直接监督控制;由人工直接控制、计算机进行监督控制的叫做计算机操作指导系统。

在线、离线、实时

所谓一个设备是“在线”的,就是指这个设备与计算机的中央处理器(CPU)连接在一起,它的工作直接受 CPU 的控制。所谓一个设备是“离线”的,就是说这个设备已经与计算机的中央处理器断开,它的工作不受 CPU 的直接控制。所谓“实时”,其意就是“立刻”“现在”或“及时”。在实时系统中,信息的输入、计算和输出都是在一定的时间范围内完成的。这个时间范围就是最长的允许时间,超过这个时间范围,就会失去控制的时机。

一个在线系统,不一定是一个实时系统。但是,一个实时系统必定是在线的。例如,一个 DDC 系统必定是在线的实时系统。

1.2 工业过程控制计算机的构成及其功能和特点

最典型的工业过程控制计算机是 DDC 计算机系统,它直接与生产过程相连,也是后面要讲的多级计算机控制系统的最下级。

1.2.1 DDC 计算机系统的结构方框图

图 1.1 是一台 DDC 计算机系统的硬件配置方框图:

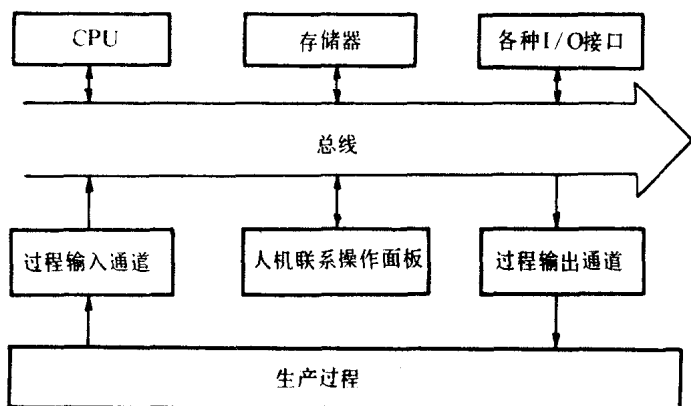


图 1.1

从图 1.1 可以看出,该系统由下列部件组成:

1. 总线

它包括数据总线、控制总线和地址总线。计算机的中央处理器通过此总线与各种接口及外设交换信息。