

STO 总线工业控制机的设计与应用

魏庆福等著

科学出版社

STD 总线工业控制机的 设计 与 应用

魏庆福 等 著

科 学 出 版 社

1991

内 容 简 介

本书从系統工程的观点,全面阐述了工业控制机的技术特点、系統设计和应用技术,特别是对工业控制机的开放式設計思想,STD总线技术规范,各种硬件、软件的设计作了深入的讨论,内容包括Z80、MCS-51/96和Intel 8088三类基本系統的设计,人-机接口技术,开关量输入/输出,A/D、D/A与信号調理,以及数据通信和分散式测控系統等;并在此基础上,通过实例阐述了应用系統的设计方法,介绍了一系列实际的工程经验,其中包括电源、接地、抗干扰和可靠性,以及容错系統设计等。本书具有许多独到的见解,这是作者多年实际工作经验的总结。

本书在总结国内丰富的工作成果的同时,荟萃了国内外过程控制计算机领域的最新进展和技术精华,形成了完整的体系结构,是一本系統性、实用性很强的著作。

本书可作为自动控制、计算机应用和仪器仪表等专业大学生、研究生的高级教程,也可供从事这些专业的科研人员、工程设计人员学习参考。

STD 总线工业控制机的 设计 与 应 用

魏庆福 等 著

责任编辑 刘晓融

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100707

北京市华星计算机公司激光照排

天津静一胶印厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1991年6月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1991年6月第一次印刷 印张:29

印数:0001—32 500 字数:665 000

ISBN 7-03-002550-4/TP·192

定价:11.70 元

序 言

科学技术是第一生产力。

90年代是跨世纪的10年，以经济科技为核心的综合国力的竞争已成为世界各国的竞争焦点，决定胜负的关键则在于各国高、新技术产业的发展。

在未来的10年，我国社会主义经济将经历工业化和信息化紧密结合的巨大转折，电子信息产业已成为促进我国产业结构现代化的带头产业。我们要充分发挥电子信息技术对国民经济的倍增效应，改造传统产业和国民经济各部门，使能源、材料和信息三大资源的结构逐步得到合理调整，以节能、节材和提高产品附加值来推动国民经济的发展，使国民经济由高消耗、低效益的粗放型向低消耗、高效益的集约型方向发展。发展电子信息技术，采用微电子技术，其中包括计算机技术改造传统产业，这是我国迎接新技术革命挑战的主要方针之一。

过程控制是计算机的一个很重要的应用领域，工业控制机是现代化工业和其它领域实现自动化不可缺少的工具。

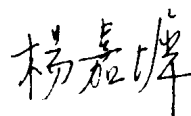
从近年来国内外工业控制计算机的发展不难看出，微电子技术、通信技术、CRT技术、控制技术的发展和微处理器的广泛应用，给工业控制计算机带来了深刻的影响和变革。工业控制机正在逐步走向整个工业领域和其它领域，给社会带来了巨大的效益。

经多年努力，我国工业控制机的开发和应用有了长足的进步，但从发展的总体上看，仍然较缓慢，需要进一步研究探索。

摆在读者面前的这本书正是进行这种探索而结出的硕果之一。

作者们将多年从事空间技术研究的经验移植于工业控制的应用设计，采用系统工程的方法，容计算机、自动控制、工业电子技术于一体，容理论、方法和实际工程经验于一体，对控制用计算机系统的原理、设计和使用方法，软件、硬件、系统组合及工程设计作了全面阐述，这是他们多年工作实践经验和技术成果的总结。这样的技术专著并不多见。

综上所述，本书内容丰富，具有完整的体系结构，是一本具有指导工程实践意义的著作。它的出版必将推动我国工业生产过程计算机控制应用的普及，为进一步提高自动化水平作出贡献。



1991年3月

前 言

当今世界进入了一个新的信息时代，微电子技术，特别是电子计算机已进入人类生活的各个领域，成为当代科学技术发展的推动力。

工业生产方面，计算机的大量应用正在生产方式上引起一场新的革命。工业自动化是计算机应用中最有潜力、最为活跃的一个领域。随着自动化范围和规模不断扩大，新型数字控制机，计算机辅助设计和生产系统、工厂管理系统，乃至完全一体化的灵活的综合生产系统正纷纷出现。计算机测控系统已深入到国民经济的各个部门，因而，它对整个国家的技术进步影响极大，对传统产业的技术改造、发展新型工业都具有重大的实际意义。

工业控制计算机已成为实现我国工业、农业、国防和科学技术现代化的重要工具。

我国工业控制机经过长时间的发展，已成为一个跨行业、跨部门、跨地区的高技术产业，全国各界在应用方面做了大量工作，取得了很大成绩。其中，采用标准总线（STD 总线）的工业控制机，由于特别适合中国国情而得到迅速发展，已成为我国的主要工业控制机机种，或称之为主流机型，在全国各地各工业领域获得了广泛的应用，取得了良好的经济效益和社会效益。

工业控制机由于其用途不同，使用条件不同，技术要求不同，其系统结构、硬件、软件设计方法，使用方法等与数据处理机相比均有很大不同。目前，人们接受的计算机知识主要来自数据处理机或办公室用个人计算机。计算机在我国工业界应用没有形成应有的规模，重要原因之一就是由于没有掌握工业控制计算机的技术特点和关键技术。因此，全面、完整地阐述工业控制机的技术特点以及实用的设计技术和应用技术，无疑具有重大的现实意义。

1984年，我国 STD 总线工业控制机事业开始起步，经过短短几年，现在，从事 STD 总线工业控制机开发和推广应用的兄弟单位已不下几十家，STD 总线工业控制机已广泛应用于钢铁冶金、石油化工、机电设备、医药食品、数控机床、工业炉窑、工业机器人等工业领域，以及军工和科研设备中。然而，相对于广泛的应用，能见到的有关技术资料、给用户以指导的技术著作却很少，这对工业控制机的发展和推广应用十分不利。为改变这种状况，我们撰写了本书，其宗旨是：系统阐述工业控制机的原理、设计方法和应用方法，形成完整的体系结构，使之具有系统性、典型性和实用性。本书既是作者多年工作经验和技术成果的总结，又荟萃了国内外本领域的最新进展和技术精华。作者试图做到理论、方法、经验紧密相结合，力求给用户以更多的帮助。

本书内容是按如下顺序安排的：

- 工业控制机的技术特点、分类和发展趋势，开放式设计思想和总线系统结构，应用系统的组合设计方法；
- 比较各种微计算机总线，分析 STD 总线为什么特别适合中国国情而成为优选总线；
- STD 总线的技术规范及设计方法概要；

- 详细阐述目前国内流行的 Z 80, MCS-51/96, Intel 8088 三类基本系统的设计方法;
- 重点介绍工业控制机的输入/输出子系统, 包括开关量 I/O, A/D, D/A 以及信号调理等模板的设计和使用方法;
- 用较大篇幅深入讨论工业控制系统中的数据通信和分散式测控系统. 介绍多种实用的工业控制用数据通信网络, 包括 ARCnet 和 BITBUS 以及国际上新近流行的工业过程现场总线 (Fieldbus);
- 专用一章讨论工业控制中常用的控制算法. 总结目前已有算法的优缺点、适用范围, 并对其性能进行比较, 以便读者根据情况选用;
- 在以上基础上, 阐述工业控制机应用系统的设计方法, 并用典型应用系统的设计举例给用户以启发;
- 最后一章讨论抗干扰、可靠性问题, 内容包括容错系统设计和 Watchdog 技术, 以及解决工业现场实际工程问题的行之有效的方法.

本书涉及了工业控制系统设计和应用诸方面的内容, 具有严密而又完整的体系结构. 书中引用了 STD5000 系列工业控制机的大量技术文件和科研成果, 提供了一系列实用的方法和经验, 其中一些关键技术是首次公开发表. 此外, 本书还有不少独到的见解. 因此, 希望这本技术专著的出版发行, 能对 STD 总线工业控制机的推广应用、传统产业技术改造和工业自动化起到应有的推动作用.

特别要指出, 本书虽然是针对 STD 总线编写的, 但除了总线本身的细节外, 有关内容同样适用于其它总线. 实际上, 本书也可定名为“工业控制机设计与应用”.

本书由魏庆福负责全书的组织和整理.

各章主要撰稿人为: 第一章魏庆福; 第二章魏庆福、张庆汉、周宝星; 第三章韩春光、朱身立; 第四章张庆汉; 第五章韩巍、韩春光、周宝星、方玉明; 第六章韩向明; 第七章魏庆福、张庆汉、卢升恩; 第八章魏庆福、张维碧、卢升恩、张庆汉; 第九章魏庆福、张庆汉; 第十章赵永才; 第十一章赵永才、魏庆福; 第十二章赵永才、徐德高、张庆汉、魏庆福.

参加本书撰写的人员还有姚亦鸣、李枫、伊红卫、周斌、吴建安、严海颖、魏晓龙、陈志恒、刘纯钢、蔡令涵.

学部委员杨嘉墀审阅了全书文稿并为本书作序; 刘承熙研究员倡议撰写本书; 邹广瑞、刘承熙、张翰英、吴宏鑫研究员, 潘科炎副编审审阅了手稿; 贾开蓉、邹红伟、崔春燕、王梅、张青、胡刚、杨宏伟等为本书描制草图和打印手稿; 还有许多同志为本书的撰写和出版提供了帮助. 在此, 特表示衷心感谢.

本书是在短时间内由多人撰写而成的, 成书仓促, 错误和不足之处在所难免, 敬请读者指正和谅解.

魏庆福

于一九九一年春节

目 录

序

前言

第一章 工业控制机及其发展	1
1-1 工业控制机发展概述	1
1-1-1 工业自动化与计算机	1
1-1-2 工业控制机发展概况	2
1-1-3 我国工业控制机的研制与发展对策	4
1-2 工业控制机的组成、分类和特点	7
1-2-1 工业控制机的组成	7
1-2-2 计算机控制系统的基本结构模式	8
1-2-3 工业控制机系统的分类	9
1-2-4 工业控制机的特点	18
1-3 开放式体系结构和组合设计方法	19
1-3-1 关于推行开放式设计思想	19
1-3-2 关于组合设计方法	22
1-4 工业控制机技术发展趋势	23
1-4-1 小型化	23
1-4-2 组合化	25
1-4-3 模块化	25
1-4-4 标准化	26
第二章 STD 总线规范与工业控制机设计概要	29
2-1 总线结构和典型微型机总线简介	29
2-1-1 关于总线结构	29
2-1-2 几种常用总线及其技术特点	31
2-1-3 各种总线的采用情况	35
2-2 STD 总线标准	36
2-2-1 STD 总线引脚定义	36
2-2-2 说明	38
2-2-3 信号描述	39
2-2-4 定时规范	42
2-2-5 电气特性	44
2-2-6 机械特性	45
2-3 STD 总线的技术特点	47
2-4 STD 总线如何支持各种字长的 CPU	51

2-4-1	8 位 STD 总线	51
2-4-2	16 位 STD 总线——总线复用和周期窃取	51
2-4-3	32 位 STD 总线——STD32 总线和局部总线方案	52
2-4-4	STD 总线与多处理器系统	59
2-5	工业控制机中的半导体存储器	60
2-5-1	工业控制用存储器的技术特点	60
2-5-2	SRAM, EPROM, E ² PROM 和 NOVRAM 及其使用方法	61
2-5-3	带后备电池的存储器模板设计	64
2-5-4	通用 SRAM 掉电保护电路	65
2-6	STD 总线中断系统及其扩展	68
2-6-1	串行和并行中断优先权	68
2-6-2	兼容式中断系统的扩展	69
2-7	工业控制机的基本系统组成	71
2-7-1	工业控制机系统组成的特点	71
2-7-2	基本系统的组成	73
第三章	Z80 基本系统设计	79
3-1	系统硬件设计	79
3-1-1	Z80 CPU 板设计	79
3-1-2	HD64180 CPU 板设计	85
3-2	Z80 系统软件设计	90
3-2-1	监控程序	90
3-2-2	STD CP/M 操作系统	91
第四章	单片微控制器的 STD 总线工业控制机设计	97
4-1	单片机与 STD 总线	97
4-1-1	单片机的特点	97
4-1-2	单片机如何与 STD 总线兼容	97
4-2	STD MCS-51 CPU 模板的设计	101
4-2-1	MCS-51 简介	101
4-2-2	模板的硬件设计	103
4-2-3	模板的软件	108
4-3	STD MCS-96 CPU 模板的设计	110
4-3-1	MCS-96 简介	110
4-3-2	模板的硬件设计	111
4-3-3	模板的软件	115
4-4	单片机 STD 总线工业控制机的组成	115
第五章	8088 系列基本系统设计	117
5-1	STD 总线 8088 系列的设计原则与系统组成	117
5-2	8088/V20 CPU 板设计	118

5-2-1	V20 CPU	119
5-2-2	总线复用的实现	120
5-2-3	V20 CPU 板的存储器	123
5-2-4	计数器/定时器	125
5-2-5	8 级可屏蔽中断	126
5-2-6	RS-232C 接口和打印机接口	129
5-3	V40 CPU 板设计	131
5-3-1	V40 (μ PD70208) 简介	131
5-3-2	V40 CPU 板设计	138
5-4	半导体盘和软磁盘适配器设计	142
5-4-1	半导体盘模板设计	142
5-4-2	软盘控制器板	147
5-5	STD 系统 II 系统软件	153
5-5-1	STD 系统 II 的 MS-DOS 操作系统	154
5-5-2	DOS 命令分析	156
5-5-3	DOS 内存映像	158
5-5-4	MS-DOS 操作系统的移植	158
5-5-5	STD 系统的监控系统	160
5-6	STD 总线多主 CPU 系统	161
5-6-1	多主 CPU 系统结构	161
5-6-2	多主 CPU 系统特点	163
5-6-3	多主 CPU 系统总线仲裁器设计	164
5-6-4	多主 CPU 系统的存储器及 I/O 设计	166
5-6-5	多主 CPU 系统通信邮箱设计	166
5-6-6	多主 CPU 系统应用软件的开发与调试	170
5-7	结构化高级语言及其固化运行	171
第六章 人-机接口技术		175
6-1	显示系统	175
6-1-1	显示基本原理	175
6-1-2	显示适配器模板设计	178
6-2	汉字信息处理	186
6-2-1	汉字信息处理系统的构成	186
6-2-2	汉字显示与汉字字模库	188
6-2-3	汉字打印	189
6-3	键盘接口	190
6-3-1	IBM PC/XT 键盘及其接口	190
6-3-2	非标准专用键盘及其接口设计	191
6-4	打印控制器及 Centronics 接口	194
6-4-1	打印机适配器构成	194
6-4-2	并行打印机适配器接口信号分布	194

第七章 开关量输入/输出模板及其应用	196
7-1 开关量输入/输出	196
7-1-1 开关量输入/输出概述	196
7-1-2 开关量 I/O 模板的典型结构	196
7-1-3 典型 TTL 电平接口 I/O 模板及其应用	199
7-2 开关量输入信号调理	201
7-3 开关量输出驱动电路	203
7-3-1 常用驱动电路	203
7-3-2 可控硅的控制方法	206
7-3-3 固态继电器 SSR 的使用方法	208
7-4 I/O 模板的智能化和大量开关变位信号的智能化处理方法	215
7-4-1 智能化 I/O 模板——某些情况下的最佳选择	215
7-4-2 开关变位的查询	216
7-4-3 智能 I/O 模板和主 CPU 板间的通信	216
7-4-4 I/O 模板的智能化——一种发展趋势	219
第八章 模-数、数-模及信号调理	221
8-1 模拟输入/输出子系统的组成	221
8-2 D/A 转换原理和模板设计	222
8-2-1 D/A 转换原理	222
8-2-2 集成电路 D/A 芯片	225
8-2-3 多通道 D/A 转换器	227
8-2-4 V/I 转换器	228
8-2-5 STD 总线 D/A 转换模板	230
8-2-6 光电隔离型 D/A 模板设计	232
8-3 A/D 转换原理	233
8-3-1 双积分型 A/D 的工作原理	234
8-3-2 逐次逼近型 A/D 的工作原理	235
8-3-3 并行型 A/D 转换器	236
8-3-4 串-并比较型 A/D 转换器的工作原理	237
8-3-5 V/F 型 A/D 转换器的工作原理	238
8-4 工业控制用 A/D 模板的设计和使用方法	239
8-4-1 12 位 32 路高速 A/D 模板的设计与使用	240
8-4-2 智能式 A/D 模板	246
8-4-3 智能式 4 组 6 路同步数据采集模板	248
8-5 信号调理的原理和电路	250
8-5-1 信号调理中的常用电路和技术	250
8-5-2 几种典型的信号调理模板及应用	258
8-5-3 模块化信号调理器简介	261
第九章 数据通信与分散式测控系统	263
9-1 数据通信概述	263

9-1-1 分散式测控系统的发展与数据通信	263
9-1-2 数据通信方式	264
9-2 串行数据通信	265
9-2-1 异步传送与同步传送	265
9-2-2 面向字符与面向位的传送	266
9-3 典型串行通信接口模板举例	269
9-4 RS-232C 和 Modem 20mA 电流环	271
9-4-1 RS-232C 标准串行通信接口使用方法	271
9-4-2 调制解调器	272
9-4-3 无线通信	276
9-5 RS-423/422/485 串行通信接口及其应用	277
9-5-1 平衡与不平衡接口电路	277
9-5-2 RS-422 和 RS-485 及其应用	280
9-5-3 RS-422/485 接口模板举例	282
9-5-4 RS-422A 在高速并行同步传送中的应用	284
9-5-5 RS-232C/422A 转换环节	284
9-6 总线网的可靠性措施	285
9-7 分散式测控系统与工业局部网络	288
9-7-1 概述	288
9-7-2 计算机网络协议及其层次结构	291
9-7-3 IEEE802 参考模型	293
9-7-4 工业局部网络的选型考虑	297
9-8 STD 总线 ARCnet 的设计及应用	299
9-8-1 引言	299
9-8-2 STD 总线 ARCnet 网络板的设计	300
9-8-3 ARCnet 网络的连接方式	305
9-9 BITBUS 通信网络的设计	306
9-9-1 概述	306
9-9-2 BITBUS 通信规程	307
9-9-3 8044 BEM 简介	309
9-9-4 BITBUS 软件简介	311
9-9-5 STD 总线 BITBUS 模板设计	312
9-9-6 改进的 BITBUS 网络	315
9-9-7 BITBUS 网络的互连和应用	318
9-9-8 把 BITBUS 改进为令牌传送总线型网络	320
9-10 现场总线及工业控制网络 PROFIBUS 的实现	321
9-10-1 现场总线概述	321
9-10-2 现场总线标准化的基本要求	322
9-10-3 PROFIBUS 及其实现	327
第十章 工业控制的常用算法和软件	332
10-1 DDC 控制	332

10-1-1 模拟调节器的离散化方法	332
10-1-2 对象特性的实验测定	340
10-2 PID 算法	341
10-2-1 连续 PID 控制器微分方程的离散化	341
10-2-2 变形 PID 算法	343
10-2-3 PID 参数整定方法	349
10-3 其它常用控制算法	351
10-3-1 计算机控制系统的离散化设计方法	351
10-3-2 最少拍伺服系统的设计	352
10-3-3 无波纹快速数字伺服系统的设计	358
10-3-4 改善过渡过程的换接程序	361
10-3-5 大林算法	363
10-4 自适应控制	364
10-4-1 一种全系数的自适应控制方法	365
10-4-2 自校正 PID 控制器	367
10-5 组态控制软件	370
10-5-1 控制算法模块库	370
10-5-2 控制组态实施	371
第十一章 应用系统设计	372
11-1 应用系统的研制流程	372
11-1-1 准备阶段	372
11-1-2 设计阶段	373
11-1-3 仿真和调试阶段	375
11-1-4 现场安装调试阶段	378
11-2 工业控制机系统组合	379
11-2-1 系统模式	379
11-2-2 计算机机型选择	381
11-2-3 I/O 子系统的组合方式	382
11-3 应用软件设计	383
11-3-1 控制系统对应用软件的要求	384
11-3-2 应用软件的设计方法	384
11-3-3 应用软件设计中的高级语言及发展趋势	387
11-4 设计举例之一——工业蒸汽锅炉控制系统设计	388
11-5 设计举例之二——抗生素发酵微型机控制系统	392
11-6 设计举例之三——组态化分散系统	396
第十二章 电源、接地、抗干扰和可靠性	402
12-1 工业控制机的运行环境	402
12-2 开关电源设计	403

12-2-1 可靠性分析及其对策	404
12-2-2 噪声及其抑制	405
12-2-3 KTD-5A 型开关电源原理图及性能指标	407
12-3 屏蔽和接地	409
12-3-1 屏蔽	409
12-3-2 接地	414
12-4 尖峰脉冲干扰的综合防治	418
12-5 Watchdog 和系统支持板	420
12-5-1 Watchdog 的工作原理	420
12-5-2 Watchdog 的实现	421
12-5-3 Watchdog 的使用方法	423
12-5-4 使用 Watchdog 的若干问题	424
12-5-5 应用 Watchdog 的编程例子	425
12-5-6 电源掉电检测及其应用	427
12-5-7 系统支持板简介	429
12-6 可靠性估算及其措施	429
12-6-1 电子产品可靠率的数学模型	429
12-6-2 STD 总线产品平均无故障时间 (MTBF) 的计算	430
12-6-3 质量保证	433
12-7 容错设计	434
12-7-1 容错设计的必要性和可能性	435
12-7-2 容错中的冗余设计	435
12-7-3 实用容错计算机系统设计举例	439
主要参考文献	447

第一章 工业控制机及其发展

1-1 工业控制机发展概述

1-1-1 工业自动化与计算机

电子计算机是在本世纪 40 年代中期开始发展起来的。特别是自 1971 年以来，由于微电子技术的发展，引起了科学技术的深刻革命，它对于发展现代化的工业、农业、国防和科学技术具有极其巨大的推动作用。可以说，当前在所有新技术里，再也没有比微电子技术更令人感到希望和振奋了。微电子技术，特别是电子计算机将进入人类生活的各个领域。它给整个社会带来了巨大变化，从生产到生活以至战争，影响之大，出乎人们的预料。

微电子技术的主体是集成电路和计算机。本世纪 70 年代出现了微处理器，其功能愈来愈强大，价格逐步下降，渐渐成为用户最多、效果最好、发展最快、影响最大的新技术成果。微型计算机的出现，加速了信息社会的进程，并由此而产生了种种令人神往的预测。

微电子技术影响较大的领域之一，是自动化技术工具的进步和完善。自动化技术工具的进步和完善促进了自动化技术的进一步发展，工厂（工业生产）自动化、农业自动化、办公室自动化、家庭自动化，即所谓“4A”，已成为国际上的热门话题。

新的技术带来了新的希望。然而，对于不同国家，机会和希望是要结合具体国情慎重对待的。例如，按照我国国情，在农业方面，在几亿农民还没有找到新的出路之前，农业自动化对我们可能是很遥远的。

至于家庭自动化，就我国的实际情况而言，在实现这种可能性的经济基础和外界环境还远未形成之前，对大多数家庭来说就更遥远了。

办公室自动化是眼下时髦的课题，随着改革开放的深入，国家政府部门、金融系统、铁路、民航等可能要部分实现自动化。但必须指出，由于种种随机因素，我国的办公室自动化还有漫长的路要走，即使在发达的工业化国家，也有不少问题有待解决。

工厂（工业生产）自动化在自动化事业的各个领域无疑是极为重要的。微电子技术，特别是计算机技术在传统产业界广泛应用，能够大幅度提高产品性能和可靠性，增加产品的更新换代能力；节约能源、材料，并促进生产的柔性化和集成化。这将改变各部门的技术装备面貌，进而促进产品结构、产业结构、生产方式和管理体制的重大变化。由于这种技术和经济的双重需要，使得现代化大工业生产的自动化技术工具成为工业装备中非常重要的组成部分。这在大型连续性生产的流程工业中表现得尤为明显。

工业过程控制是计算机的一个很重要的应用领域，也是一种不同于一般计算机应用的特殊领域。工业控制机正是为满足这一特定的工业应用领域而发展起来的。它是现代化工业实现自动化不可缺少的工具。

工业控制机是以电子计算机为核心的测量和控制系统。整个工业测控系统通常是由包括传感器、过程输入/输出设备、计算机以及执行机构等部分组成的。由系统对客观世界的各种工作状态进行实时数据采集、处理并对其进行控制,从而完成自动测控任务。例如,用它来实现对生产过程的自动监控、产品质量自动检验、能源自动检测与管理等等。这类系统的采用,对于提高产品产量与质量,降低成本,确保生产安全,改善工作条件,减轻体力劳动,节省能源和材料,实现科学管理等具有重要作用。事实上,现代任何一种工业,例如,航空、航天、核能、电力、煤炭、石油、化工、冶金、机械、电子、交通、轻工、纺织等,都在努力实现这种测控自动化。

这种以电子计算机为核心的测量与控制系统是计算机普及应用中最有潜力、最为活跃的一个领域。随着微电子技术的迅速发展,系统的硬件设备不断更新换代,测控理论和软件不断丰富和增强,计算机测控系统的应用已深入到国民经济建设的各个部门,因而,它对整个国家的技术进步影响极大,对传统工业的技术改造,对发展新型工业都具有重大的实际意义。

工业控制机已成为实现我国工业、农业、国防和科学技术现代化的重要工具。

工业控制机的出现和发展是工业生产发展的需要,是工业自动化技术发展的趋势。现代化的工厂设备,主设备性能提高,生产工艺更趋复杂,加之现代控制理论的发展,都要求有更完善的自动控制手段和工具以实现复杂的控制规律,例如,完成前馈、超驰以及非线性控制等。微电子技术的飞速发展与普及应用,使模拟仪表系统与数字系统装置联用的条件逐渐成熟,工业控制机正是在这种背景下迅速发展起来的。

工业控制机进入工业控制领域之后,为工业生产的过程控制与管理调度相结合创造了条件,从而使工业自动化从就地控制、集中控制的基础上向综合自动化发展,使自动化系统从一般系统向高级系统迈进。

1-1-2 工业控制机发展概况

工业控制机的发展大致可以分为三个阶段。

50年代至60年代初为工业控制机开创时期;60年代末至70年代初为系列化小型工业控制机发展时期;进入70年代中期以后,以微型机为基础的工业测控系统获得迅速发展和广泛应用,这个时期是工业微型机测量控制系统(包括微型机自动测试系统、微型机数控及程控装置)和以采用4C技术(计算机、通信、控制、CRT)为特征的分散型工业控制系统发展时期。

1. 开创时期

将数字计算机作为测控系统的组成部分,这一思想萌芽于1950年左右。当时,主要着重研究数字计算机在导弹和飞机测控方面的应用。许多研究表明,把当时已有的通用数字计算机用于测控系统并没有什么潜力,因为那时的计算机体积大,耗能多,也不可靠。50年代中期,数字计算机开始用于过程控制,最重要的工作开始于1956年。当时,美国Thomson Ramo Woolrige (TRW) 航空公司和Texaco公司联合提出了一个可行性研究报告,决定针对得克萨斯州(Texas)的Port Arthur炼油厂的一台聚合装置进行研究,设计出了一台采用TRW-300计算机的聚合装置计算机测控系统,该系统于1959年投入运

行,它控制 26 个流量、72 个温度、3 个压力和 3 个成分.该系统的基本功能是使反应器的压力最小,对 5 个反应器供料确定最佳分配,根据催化剂性能的测量结果控制热水的流入量,以及确定最佳循环.这是世界上最早成功使用的数字计算机工业测控系统.

TRW 公司和 Texaco 公司的开创性工作,在计算机应用方面开辟了一个崭新的领域.工业界看到了计算机在提高自动化生产上的潜在力量,科研机构也看到了一个新的研究领域.他们纷纷着手研究,而研究的重点是适合于过程控制的计算机.

1962 年,英国的帝国化学工业公司 (ICI) 制造出一套以 Ferranti Argus 计算机为中心的过程控制系统.它可以直接测量 224 个过程参数并控制 129 个阀门.这是一种新的测控系统,它用数字技术代替了原有的模拟技术,而系统的功能却保持不变.直接数字控制 (DDC) 技术制造简单,通信方便,而且容易实现不同回路间的相互作用.

这个时期的计算机系统速度慢、价格贵、可靠性差,远远不能满足工业测控系统的需要,加之体系结构方面存在的问题,使用很不方便,所以,工业测控计算机系统一直未能迅速推广应用.然而,在计算机测控技术方面的研究工作进展却十分迅速.在有关采样周期的选择、控制算法及可靠性技术等方面的研究有了较大进展.

2. 小型工业控制计算机系统发展时期

60 年代,随着电子工业的飞速发展,数字计算机技术取得了重大进展,以计算机为中心的测控系统得到了迅速发展并推广应用.当时,计算机测控系统中使用 16 位字长的小型计算机,如 CDC1700, PDP-11 以及 NOVA 等机型.这个时期,计算机测控系统迅速推广应用的重要因素是计算机体积小,速度快,更加可靠,更加便宜.因此,对于小型工程项目和课题都有可能采用计算机测控系统.由于小型机的出现,系列化小型工业控制计算机系统、CNC 数控装置、小型可编程序控制器获得了发展.

1968 年发表的 CAMAC 标准(采用标准接口的计算机自动测量和控制系统),1972 年发表的 GP-IB (通用接口标准)正是在这种背景下产生的.

3. 工业微型机测控系统发展时期

小型计算机仍然是一个相当大的系统,尽管计算机的性能不断提高,价格持续下降,但是对于计算机测控系统的广泛应用仍然是可望而不可及的事情.1971 年之后,由于微电子技术的发展,大规模、超大规模集成电路和微处理器的发明,为工业测控计算机系统的飞速发展和广泛应用打下了坚实的基础.此后,特别是进入 70 年代中后期,采用微处理器的各种各样的工业控制装置,如微型机程控装置、数控装置、可编程序控制器、数据通信装置、数字信号处理技术和信号处理机等相继问世并迅速发展,推动着传统工业的技术改造和新兴工业的迅速发展.

这个时期工业测控计算机系统有一个鲜明的特点,即采用开放式结构和总线(Bus)系统.如 S-100 总线, Multi 1 和 II 总线, VME 总线, STD 总线, 以及 IBM PC/XT/AT 总线等等.

这个时期,以采用 4C (微计算机、控制技术、数据通信、CRT) 技术为特征的分散型系统获得了发展.

1976 年 IEC 着手研究制定 Proway (过程数据公路) 标准规程,提出了规程草案.后

来又出现了 MAP 标准,为分散型系统的发展奠定了良好的基础。80 年代初期,单回路调节器研制开发成功,小型分散型控制系统得到进一步发展,光纤通信技术引入分散型控制系统的“数据公路”,微型可编程序控制器及快速通信系统研制成功。

当前,工业控制机一方面仍以大系统和分散对象应用为主,采用分布式系统结构,继续发展分散型控制系统;另一方面为适于工业过程、科学实验和测量自动化,发展适合中低应用层次需要的工业测量与控制系统。后一类系统大都采用开放式系统设计思想,充分考虑了数据采集、处理、控制多方面的要求,在继承集中式体系结构的基础上进行联网。1987 年美国 FOXBORO 公司率先推出新一代的控制系统——I/A 系列智能自动化系统,不仅使当今的自动化更具灵活性、完整性、经济性和安全性,而且为将来的工厂信息集成和自动化系统提供了新的结构,成为当代过程控制系统的最新结构。

从近年来国外工业控制机的发展不难看出,微电子技术、通信技术、CRT 技术、控制技术的发展和微处理器的广泛应用,给工业控制机的发展带来的深刻影响。分布式体系结构和集中式体系结构互为补充,工业控制局部网络成为工业控制机系统发展的重要方向,分散控制系统和工业微型机测量与控制系统成为代表产品被广泛应用。过程控制与管理有机结合,发展控制与管理集成系统、智能自动化系统已成为当前国际上工业控制机系统发展的方向。

计算机技术一方面靠大规模、超大规模集成电路技术的新产品实现计算机的更新换代,另一方面从体系结构入手,运用新颖的结构原理构筑下一代计算机产品。

目前在单硅片上集成的晶体管可达几百万个,这对缩小体积、降低功耗非常重要。特别是具有独立控制功能的单片微控制器的发展将对工业控制系统的发展和应用起到巨大的推动作用。

新技术、新工艺、新产品层出不穷,工业控制机系统业已置身于一个无限发展的环境中。

1-1-3 我国工业控制机的研制与发展对策

1. 我国工业控制机发展概况

我国工业控制机已有三十多年的发展历史,经历了从工业巡检装置、小型工业控制机发展到以微处理器为核心的单回路/多回路控制器、可编程序控制器、数控系统、工业控制标准总线模板系列和小型分散式控制系统的历程。

50 年代末期,是我国工业控制机技术起步阶段。这个期间,我国开展了数控机床和仪表数字化技术的研究,试制了巡回检测装置,从而推动了工业控制机过程输入/输出技术研究的起步。典型的装置是为风洞试验试制了一套电子管式的巡检、记录、打印装置。通过这套装置的研制,在国内首先研制成功干簧继电器及干簧继电器采样装置并投入使用,首先提出了小信号数据放大器抗共模干扰的概念,为工业控制机模拟量输入通道打下了良好的技术基础。

60 年代采用国产第一批晶体管研制了通用巡检、报警、制表装置并投入了小批量生产,工业控制机研制成功,通用计算机则配置了过程输入输出通道用于工业控制。

在此期间,我国还组织了直接数字控制装置(DDC)的研制,并在炼油厂等领域应用。