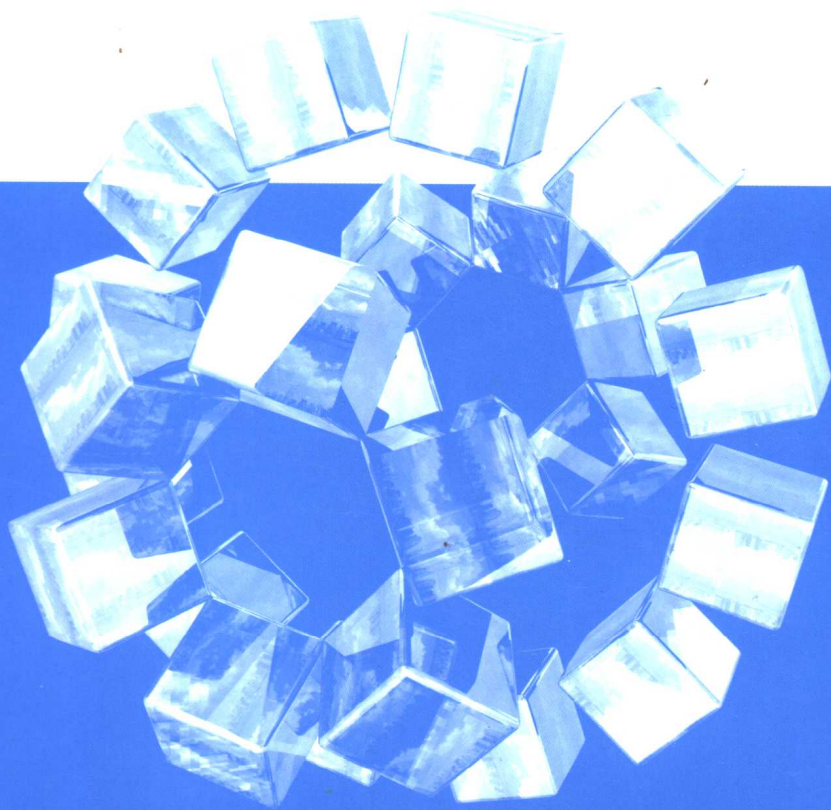




新世纪高等院校电类专业计算机应用教材 (4)

微型计算机 控制技术

徐安 主编
张铮 副主编
白英彩 主审
郭其一 岳继光



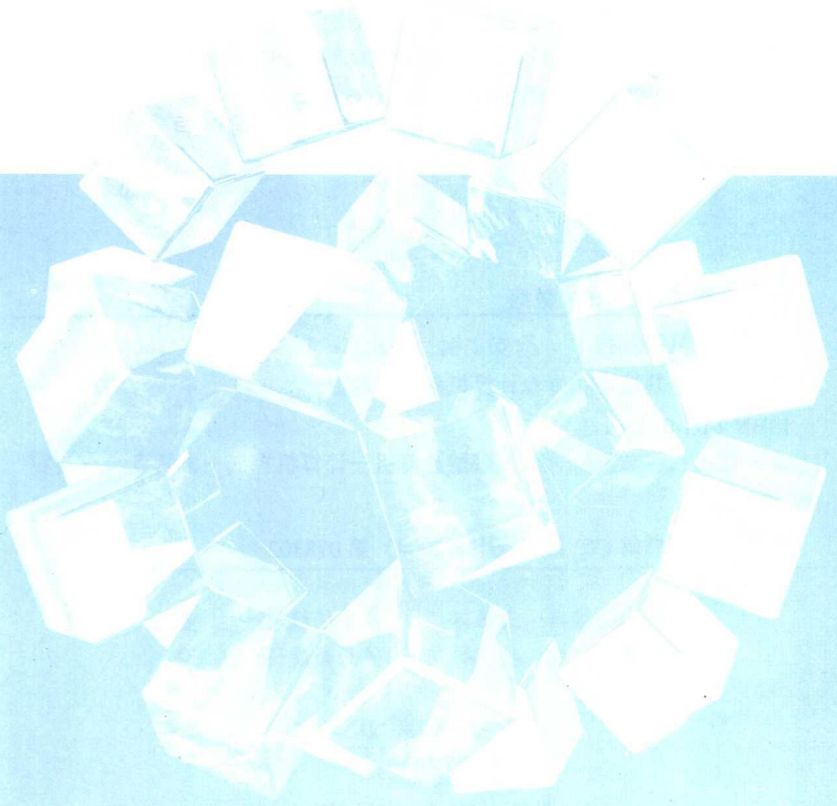
科学出版社
www.sciencep.com



新世纪高等院校电类专业计算机应用教材 (4)

微型计算机 控制技术

徐安 主编
张铮 副主编
白英彩 主审
郭其一 岳继光



 科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

本书是“新世纪高等院校电类专业计算机应用教材”丛书中的一本。本书由9章构成,内容分别为概论、软件工程与操作系统基础、常用数据结构 and 数据处理、运动控制技术、常用控制技术、现代控制技术、智能控制技术、网络与现场总线、微型计算机控制系统设计。

本书兼顾了与《单片机原理与应用》等相关课程的分工协调,将工科院校计算机应用课程链看作一个有机联系的系列,力求从电类专业“软(件)硬(件)兼施”、“强(电)弱(电)结合”的特色出发,为读者在微型计算机控制技术的学习和应用中提供切实的指导和帮助。

本书取材新颖、内容涵盖面广,注重理论与实践的结合,具有较强的实用性和可操作性。针对书中涉及到的重要概念和技术要点,后面都附有一定数量的练习和思考题。本书既可作为高等院校相关课程的教材,也可作为广大电子技术人员的参考书。

需要本书或技术支持的读者,请与北京中关村083信箱(邮编:100080)发行部联系,电话:010-82702660, 82702658, 62978181 转103或238,传真:010-82702698, E-mail: yanmc@bhp.com.cn。

图书在版编目(CIP)数据

微型计算机控制技术 / 徐安主编. —北京: 科学出版社, 2004.11

新世纪高等院校电类专业计算机应用教材

ISBN 7-03-014061-3

I. 微... II. ①徐... III. 微型计算机—计算机控制—高等院校—教材

IV. TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第078302号

责任编辑: 王玉玲 / 责任校对: 佳宜
责任印刷: 媛明 / 封面设计: 王焯

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京朝阳印刷厂有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年11月第 一 版 开本: 787×1092 1/16
2004年11月第一次印刷 印张: 21
印数: 1-3000册 字数: 486 000

定价: 35.00元

新世纪高等院校电类专业计算机应用教材

编委会成员名单

(按姓氏笔划排序)

顾 问 编 委	任	白英彩	教授	上海交通大学		
		刘 璟	教授	南开大学		
		陶树平	教授	同济大学		
	主 任	任	左孝凌	教授	上海交通大学	
		员	任	王汝传	教授	南京邮电大学
				宋国新	教授	华东理工大学
				余雪丽	教授	太原理工大学
				岳继光	教授	同济大学
				徐汀荣	教授	苏州大学
				徐良贤	教授	上海交通大学
			顾训穰	教授	上海大学	

前 言

目前,绝大多数自动控制都是使用计算机来实现的;微型计算机控制技术的发展,使得以微型计算机为控制器核心的微机测控装置与系统,渗透到了国民经济的各行各业,已经无时无刻不在影响每个现代人的生活。

我国高等工科院校中,普遍开设了微型计算机控制技术及其相关课程。本书围绕“微机控制算法及其实现”这一主题,系统而有重点地讲述了运动控制、常用控制、现代控制和智能控制中的各种主要算法的精髓和微机实现这些算法的要领;并从实际应用的角度出发,介绍了软件工程与操作系统基础、常用数据结构和数据处理、系统设计及电磁兼容技术;同时,根据信息与控制日益交融的发展趋势,介绍了微机控制网络与现场总线。

微型计算机控制技术内容十分丰富,每一个专题的详细阐述都需要一本或几本专著。本书注意了与《单片机原理与应用》等相关课程的的分工协调、统筹兼顾,将工科院校计算机应用课程链看作一个有机联系的系列,力求从电类专业“软(件)硬(件)兼施”、“强(电)弱(电)结合”的特色出发,对微型计算机控制技术的学习和应用提供切实的指导和帮助。本书可作为高等院校有关课程的教材,也可作为电子技术人员的参考书。

实验和实践对微型计算机控制技术的学习和应用极为重要,本书限于篇幅未能更多涉及,将在其他配套教材中另行介绍。

多年来,白英彩、吴启迪、严雋薇、何克忠、于海生、涂时亮、桑楠、王晓明、袁南儿、蔡自兴、周德泽、窦振中、阳宪惠、王常力、陈汝全、金以慧、王锦标等教授和周立功网站在微型计算机控制技术的教育园地里辛勤耕耘,本书多处引用了他们的研究成果,谨在此表示衷心的感谢。

上海国皓电子有限公司总经理申鸣、上海海得控制系统股份有限公司经理方健、邵建红、邹伟等为本书的编写提供了有力支持,谨在此表示诚挚的感谢。

担任本书主审的上海交通大学白英彩教授认真审阅了全书,提出了具有指导性的建议和中肯意见;研究生顾鸣、虞敏敏、丁才云、周洋和郁海华等为本书的图文制作、输入和校对付出了辛勤劳动,在此谨致以深切的谢意。

本书由徐安执笔主编,郭其一参加了第二、六、九章的编写,岳继光、张铮根据多年教学经验,对全书各章提出了重要的修改意见。限于编者水平,书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。联系地址: xuanb@online.sh.cn。

本书为同济大学“十五”规划教材,得到了同济大学教材、学术著作出版基金委员会的资助。

编 者

目 录

第1章 概论..... 1	3.1.2 常用数据结构..... 32
1.1 控制用微型计算机..... 1	3.1.3 数据查找..... 39
1.1.1 控制用微机的特点与组成..... 1	3.1.4 数据排序..... 42
1.1.2 控制用微机的类型..... 2	3.1.5 控制系统的特殊数据结构..... 45
1.2 微机控制系统..... 2	3.2 采样与数据处理..... 47
1.2.1 微机控制系统的功能与特点..... 2	3.2.1 采样周期的选择..... 47
1.2.2 微机控制系统的工作过程 与方式..... 5	3.2.2 常用数据处理..... 49
1.2.3 微机控制系统的结构..... 5	3.3 数字滤波..... 52
1.3 微型计算机控制技术的发展与作用..... 6	3.3.1 数字滤波方法..... 53
1.3.1 微机控制技术的发展..... 6	3.3.2 数字滤波方法的选择..... 55
1.3.2 微机控制技术的作用..... 7	3.4 习题与思考题..... 56
1.4 习题与思考题..... 7	第4章 运动控制技术..... 57
第2章 软件工程与操作系统基础..... 8	4.1 顺序控制..... 57
2.1 软件开发技术概述..... 8	4.1.1 顺序控制原理..... 57
2.1.1 软件危机..... 8	4.1.2 顺序控制系统特性..... 58
2.1.2 软件工程技术..... 8	4.1.3 专用顺序控制器设计..... 58
2.1.3 面向对象的程序设计..... 11	4.1.4 通用顺序控制器的选用..... 59
2.1.4 基于构件的软件开发..... 12	4.2 程序控制..... 60
2.2 微机控制系统软件设计..... 13	4.2.1 程序控制原理..... 60
2.2.1 微机控制系统软件的开发..... 13	4.2.2 逐点比较法直线插补..... 61
2.2.2 定义、可行性研究与需求 分析..... 14	4.2.3 逐点比较法圆弧插补..... 64
2.2.3 微机控制系统软件的设计..... 15	4.3 可编程控制器..... 67
2.2.4 微机控制系统软件的安全 性与质量评价..... 17	4.3.1 PLC的主要功能与特点..... 67
2.3 操作系统基础..... 18	4.3.2 PLC的结构与工作原理..... 68
2.3.1 操作系统引论..... 18	4.3.3 PLC常用编程语言..... 72
2.3.2 操作系统的基本管理..... 19	4.3.4 PLC的选用..... 75
2.3.3 实时多任务操作系统..... 22	4.4 直流电动机控制..... 76
2.3.4 嵌入式实时操作系统..... 24	4.4.1 直流电动机调速原理..... 77
2.4 习题与思考题..... 29	4.4.2 直流电动机的不可逆PWM 系统..... 79
第3章 常用数据结构和数据处理..... 31	4.4.3 直流电动机的可逆PWM系统.. 81
3.1 常用数据结构及其应用..... 31	4.4.4 专用运动控制处理器..... 86
3.1.1 数据结构的基本概念..... 31	4.5 交流异步电动机控制..... 88
	4.5.1 交流异步电动机变频调速 原理..... 88

4.5.2	变频调速的机械特性及其补偿.....	95	5.5.1	串级控制系统结构和工作原理.....	157
4.5.3	SPWM波发生器及其应用.....	96	5.5.2	串级控制系统的特点.....	158
4.5.4	矢量控制与直接转矩控制.....	98	5.5.3	串级控制系统的设计.....	160
4.6	步进电动机控制.....	101	5.5.4	串级控制系统的应用.....	161
4.6.1	反应式步进电动机的结构和工作原理.....	101	5.6	前馈控制.....	162
4.6.2	步进电动机的工作方式.....	103	5.6.1	前馈控制原理与结构.....	162
4.6.3	步进电动机的特性.....	105	5.6.2	前馈—反馈控制.....	163
4.6.4	步进电动机的驱动方式.....	108	5.6.3	前馈—串级控制.....	163
4.6.5	步进电动机的控制.....	112	5.6.4	前馈控制的设计原则与参数整定.....	164
4.7	无刷直流电动机控制.....	114	5.7	线性数字控制器的计算机实现.....	165
4.7.1	无刷直流电动机的原理与结构.....	115	5.7.1	线性数字控制器的一般形式..	165
4.7.2	无刷直流电动机的绕组联结方式.....	118	5.7.2	数字控制算法的计算机实现..	166
4.7.3	无刷直流电动机的控制.....	121	5.8	习题与思考题.....	167
4.8	习题与思考题.....	125	第6章	现代控制技术.....	169
第5章	常用控制技术.....	127	6.1	基于状态空间的极点配置设计.....	170
5.1	线性离散系统的数学描述.....	127	6.1.1	基于系统极点配置的控制规律.....	171
5.1.1	离散时间信号.....	127	6.1.2	基于极点配置的状态观测器..	171
5.1.2	线性常系数差分方程.....	128	6.1.3	基于极点配置的控制器设计..	173
5.1.3	Z变换及其应用.....	129	6.2	解耦控制.....	177
5.2	数字PID控制.....	135	6.2.1	解耦控制原理.....	177
5.2.1	PID控制.....	135	6.2.2	解耦控制的计算机实现.....	179
5.2.2	PID算法的计算机实现.....	139	6.3	最优控制系统的设计与实现.....	180
5.2.3	PID算法的改进.....	140	6.3.1	最优控制问题.....	180
5.2.4	PID控制的参数整定.....	143	6.3.2	最优控制的指标.....	181
5.3	纯滞后补偿控制.....	146	6.3.3	基于状态空间模型的最优化设计方法.....	182
5.3.1	大林 (Dahlin) 算法.....	146	6.4	卡尔曼 (Kalman) 滤波.....	185
5.3.2	施密斯 (Smith) 预估控制....	149	6.4.1	离散时间系统.....	186
5.4	最少拍控制.....	150	6.4.2	零输入条件下离散线性系统的Kalman滤波器.....	187
5.4.1	不同控制对象的最少拍控制设计.....	150	6.4.3	扩展的Kalman滤波.....	190
5.4.2	不同输入函数的最少拍控制设计.....	152	6.4.4	Kalman滤波在控制中的应用..	192
5.4.3	最少拍控制设计的局限性.....	155	6.5	习题与思考题.....	193
5.4.4	最少拍无纹波控制的设计.....	156	第7章	智能控制技术.....	194
5.5	串级控制.....	157	7.1	模糊控制.....	194
			7.1.1	模糊数学基础.....	194

7.1.2 模糊关系与模糊推理	200	8.3.2 现场总线的调度策略.....	269
7.1.3 模糊控制原理与设计	206	8.3.3 现场总线的OSI模型	269
7.2 专家控制.....	211	8.4 典型的现场总线.....	270
7.2.1 专家系统	211	8.4.1 基金会现场总线 (Foundation Fieldbus, FF)	270
7.2.2 专家控制系统	213	8.4.2 Lon Works.....	273
7.2.3 专家控制系统的设计	217	8.4.3 Profibus.....	277
7.3 神经网络控制.....	219	8.4.4 CAN.....	279
7.3.1 神经网络的基本模型	220	8.4.5 现场总线的困境.....	281
7.3.2 神经网络学习规则	228	8.4.6 工业以太网	282
7.3.3 神经网络控制的结构方案.....	231	8.5 习题与思考题.....	287
7.4 多种控制策略的渗透和结合	236	第9章 微型计算机控制系统设计	288
7.4.1 模糊神经网络 (FNN) 控制..	237	9.1 电磁兼容.....	288
7.4.2 神经网络专家系统	239	9.1.1 电磁干扰与机理分析.....	289
7.5 习题与思考题.....	241	9.1.2 电磁干扰的抑制、屏蔽与 接地.....	295
第8章 网络与现场总线	242	9.2 人机界面与输入输出通道	305
8.1 数字通信与网络.....	242	9.2.1 人机界面	305
8.1.1 总线的基本概念	242	9.2.2 输入输出通道	307
8.1.2 数字信号传输与通信系统.....	243	9.3 监控组态软件.....	313
8.1.3 计算机局域网	246	9.3.1 监控组态软件的特点.....	313
8.1.4 网络协议及其层次结构	257	9.3.2 组态软件的数据流与典型 构成.....	314
8.2 分布式控制系统 (DCS)	259	9.4 微机控制系统设计与实现	320
8.2.1 DCS结构与特点.....	259	9.4.1 系统设计与实现.....	320
8.2.2 直接测控级	261	9.4.2 应用系统设计实例.....	322
8.2.3 过程优化级	264	9.5 习题与思考题.....	325
8.2.4 生产管理、经营决策和 CIMS	265	参考文献.....	326
8.3 现场总线控制系统 (FCS)	267		
8.3.1 现场总线技术特点与优点..	268		

第 1 章 概 论

各个现代化领域都广泛运用了自动控制——用控制器代替人的直接参与，使装置或过程实现预定的状态和性能。目前，绝大多数自动控制都是使用计算机来实现的；微型计算机控制技术的发展，使得以微型计算机为控制器核心的微机测控装置与系统广泛渗透到各行各业，已经无时无处不在影响每个现代人的生活。

1.1 控制用微型计算机

1.1.1 控制用微机的特点与组成

从应用的角度出发，微型计算机可以分为面向事务处理的通用型微机 and 面向实时监测控制的控制用微机。除了微型计算机的共同特性外，控制用微机在设计思想、系统结构、软硬件组成、开发工具、使用方法等方面还有许多特点，例如：丰富的输入输出（I/O）接口；多样的人机接口；高可靠性；软件和操作系统的实时性等。

控制用微机的组成如图 1-1 所示，根据实际应用的需要，控制用微机所含的软件、硬件各不相同。

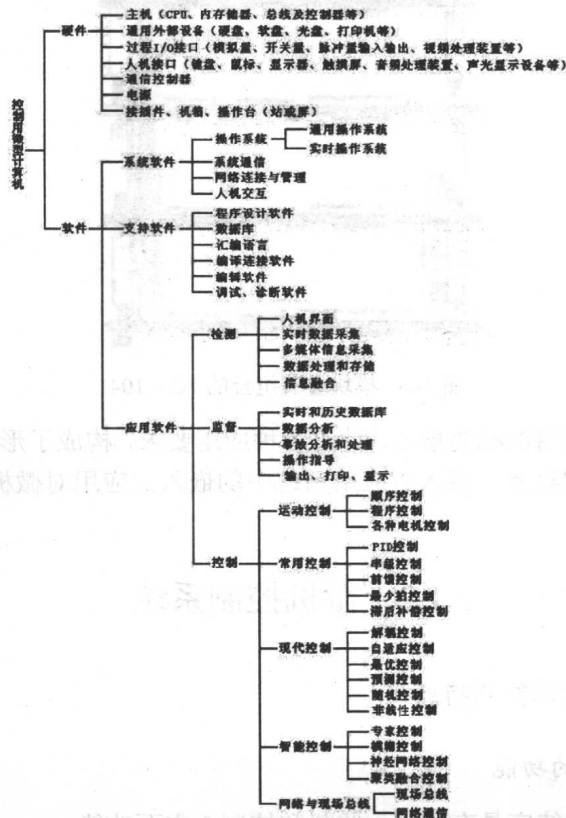


图 1-1 控制用微机的组成

1.1.2 控制用微机的类型

1. 数字控制器

(1) 专用型

针对某些或某类应用系统专门设计制造，应用范围和性能专一，操作简单。

(2) 通用型

以标准模块的形式提供各种控制功能，并提供相应的编程语言和组态工具。例如，可编程序控制器（PLC）就是广泛应用的通用型数字控制器。

2. 工业控制计算机

(1) 总线型工控机

有各种总线的工业控制计算机产品，例如，VME 总线工控机、MULTIBUS 总线工控机、STD 总线工控机、PC 总线工控机（Industrial Personal Computer, IPC）等。其中，标准比较统一，可扩展外围接口板和支持软件丰富的 IPC 已成为当前工控机的主流。

(2) 模块型工控机

由相关模块直接叠装组合，无需机箱和底板，因而功耗和外形更小，例如 PC / 104（见图 1-2）等。

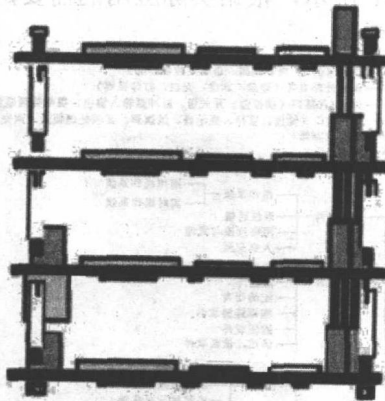


图 1-2 模块叠装组合的 PC / 104

以不同类型的控制用微机为核心，针对各种应用要求，构成了形形色色的自动化系统。近年来，面向检测控制对象，嵌入到应用系统中的嵌入式应用对微机控制技术提出了更高的要求。

1.2 微机控制系统

1.2.1 微机控制系统的功能与特点

1. 微机控制系统的功能

典型的微机控制系统应具有检测、监督和控制 3 方面功能。

(1) 检测功能

对被监测控制的对象参数进行采集与处理，并以一定的形式输出。

(2) 监督功能

将实时检测和人工输入的数据等信息进行分析、归纳、整理、计算等二次加工，作出诊断和预测，供有关人员参考、判断，输出一般不直接作用于被控对象。

(3) 控制功能

在检测的基础上进行信息加工，根据预定的控制策略形成控制输出，直接作用于被控对象。

控制用微型计算机具有高速度、大容量和智能化的特点，可以实现上述3种功能的综合集成，构成完整的自动化监测控制系统；也可以针对实际应用的需要减少某些功能，以降低成本，减少复杂性，增强可维护性。

2. 微机控制系统的特点

(1) 实时性

实时性是系统对外界激励及时作出响应的能力，通常用“系统响应时间”来衡量。对随机发生的外部事件，微机控制系统应及时采集突发信号，并在所要求的时间内完成规定的任务。这是微机控制系统的关键特点，也是其重要的性能指标。

实时系统中，各种操作（中断、任务调度等）赋有不同优先级，如果高优先级的操作条件得到满足，系统将及时中断正常的运行，转而执行高优先级的操作。

不同的应用系统对实时性的要求不同。例如，温度系统由于温度变化的时间常数相对较大，系统响应时间一般为秒级；而电力监测控制系统由于要实时测量多处的电力负荷，分析故障，进行保护，如果响应时间过长，将会引起失控，甚至造成电力系统崩溃的严重后果，因而要求测控系统的响应时间是毫秒甚至微秒级。

与实时性有关的因素有以下两方面：

1) 硬件方面：CPU的时钟频率、字长、指令执行速度、中断优先级的处理电路等。

2) 软件方面：操作系统对程序运行的实时调度和中断管理功能，程序的响应和处理速度等。合理地选用实时操作系统和模块的编程语言、程序结构、数据处理方法以及控制算法，可以得到较好的效果。

(2) 可靠性

可靠性是系统无故障运行的能力。通常用“平均无故障运行时间”，即平均故障间隔时间 MTBF (mean time between failures) 来衡量。控制用微机的 MTBF 应在 10^5 小时以上。

保证系统可靠性的措施有以下方面：

1) 硬件方面：

元器件经过严格的挑选、老化；印制电路板的设计、制造经过周密考虑；整机的安装、调试、测试等都有高水平的生产工艺和严格的质量标准。

降低元器件的负荷率，特别是各 CPU 负荷率应小于 60%。重要的系统可采用双处理器或多处理器结构。

增大系统内存，减少内存覆盖面和虚拟内存，提高数据的准确可靠性。

各种与现场有关的信号都要经过隔离后再输入计算机。

采用高可靠专用电源，以适应较宽的电网电压波动，并可承受瞬间浪涌冲击。电源容量要有足够的富裕，例如，正常运行时只用到其额定值的 $1/2$ ；电源系统要有保证在电网不稳、电气干扰强烈的环境中可靠运行的防干扰措施。

2) 软件方面：

设计处理各种异常的检错纠错程序、适用的通信与容错支持程序、自诊断和自恢复程序。

软、硬件配合的容错设计，包括系统自诊断、自恢复、自动切换等，当系统内某些软、硬件出现故障时，系统仍能完成预定的任务或某些重要的不允许间断的任务。

采用标记检查、多级口令设置、加密等安全性控制方法来保证系统对自身文件和用户文件的存取合法性，防止对应用系统有意或无意的破坏。

3) 机械结构方面：

通常采用全钢抗震防磁结构以适应电磁干扰强、温度过高或过低、湿度大、含腐蚀性物质、尘土多、颠簸振动的恶劣环境；采用不锈钢材料或抗腐蚀涂层加工机箱，机箱内部保持正压、加滤网和双冷风扇抵御尘土和腐蚀性气体；加固机箱、采用避震器或安装可调整的弹性压条，提高抗冲击和振动性能。

4) 系统组成方面：

可选用下列冗余结构。

双机热备份：两套系统同时运行，正常情况下，备用机也在随时采集并保留实时数据，一旦主系统出现故障，切换装置立即把主控权切换到备用机使其成为主系统。双机热备份中还可采用维修快捷方便的带电拔插部件，减少断电带来的影响，使系统出现故障后能尽早恢复正常状态。

双机冷备份：一用一备，工作组不正常时，备用组可立即投入运行。

部分硬件冗余：例如对于寿命较短的磁盘（正常读写寿命平均为 5000 小时），可采用硬盘镜像方式，即双硬盘来保留同样的数据，也可采用磁盘阵列形成冗余结构，即使个别硬盘损坏，也不影响系统正常运转。

(3) 可维修性

可维修性指进行维护工作方便快捷并在最短时间内排除系统故障。

保证系统可维护性的措施有：

1) 硬件方面：

整体结构便于装卸和维修，便于及时更换；更换后，不必过多调整，就能保证系统运行状态和性能不受影响。

有足够的信号显示出模板和部件的运行状态，并具有比较完善的诊断功能，便于准确查找故障。

模块和部件可带电拔插。

2) 软件方面：

应用程序易阅读、易理解、易修改、易扩充、易移植。

具有在线实时诊断程序，可以在不影响系统运行的情况下及时发现故障。

(4) 大量的现场交换信息

1) 数据信息：包括模拟量、开关量和脉冲量的输入和输出。

2) 多媒体信息: 多媒体信息特别是图像信息已经进入控制领域, 而且起着数据信息不能替代的作用。例如, 视频信息经处理后可用以显示图像, 也可以与数据信息融合后用作控制信号。

(5) 多种人机交互方式

除常规的键盘、鼠标、CRT 显示器外, 还有触摸屏、专用键盘、大屏幕显示、语音等。

(6) 通信功能

多台监测控制计算机之间、相同类型或不同类型总线之间、计算机网络之间, 实时、可靠地传递信息。

(7) 信息处理和控制算法

信息处理和控制算法的设计、开发、调试是研制微机控制系统难度最大的核心内容, 也是开发设计人员的用武之地; 软件的开发编制不但和采用的操作系统、软件开发工具有关, 还和硬件(特别是接口部件)以及生产工艺要求有密切关系。

1.2.2 微机控制系统的工作过程与方式

1. 微机控制系统的工作过程

1) 实时数据采集: 对来自传感器或测量变送装置的被控量瞬时值进行检测和输入(包括对输入模拟量的 A/D 转换)。

2) 实时控制决策: 对采集到的被控量进行分析和处理, 根据既定的控制策略或控制规律(例如 PID 控制、最优控制等), 决定控制行为。

3) 输出实时控制信息: 适时地对执行机构发出控制信号(包括对需要输出模拟量的 D/A 转换), 实现控制和调节功能。

在工作过程中, 不断重复上述 3 个步骤, 使控制对象的工作符合规定的品质指标, 并及时处理被控量和设备的不正常情况。

2. 微机控制系统的工作方式

(1) 在线方式

被控对象和微机控制系统直接连接, 并受其控制的方式称为在线方式(联机方式)。实时控制系统必然是在线系统, 但只有符合实时性要求的在线系统才是实时系统。

(2) 离线方式

被控对象不和微机控制系统连接, 也不受其直接控制, 需要人进行联系并作相应操作的方式称为离线方式(脱机方式)。

1.2.3 微机控制系统的结构

随着微机控制系统功能和被控对象要求的不断提高, 对于不同的被控对象及不同的控制要求, 可采用不同的控制方案, 按结构可分为以下几种。

1. 直接监控系统

直接监控系统(direct supervisory control system)往往由一台控制用微机及必要的接口、外围设备组成, 系统比较简单, 实用性强, 其优点是价格相对便宜, 较适合于比较简单的

对象；缺点是功能集中带来的“危险集中”，一旦计算机出现故障，整个系统就面临危险。微机控制技术的发展，使单机系统的性能和可靠性大大提高，应用也越来越普遍。

直接监控系统也是其他更复杂系统的基础。

2. 分级计算机监控系统

分级或多级计算机监控系统（multi-level computer supervisory control system）由多台计算机构成系统中的各级，通过信息传递，相互协调，完成多种功能，使控制对象保持在最优状态。最常用的是上下两级：过程监督级和直接测控级。

（1）过程监督级

根据控制对象当前状况及历史数据进行操作指导，给直接测控级提供各种控制信息，如最优设定值及最优控制量等，为调度和管理提供有关信息。通常由上位机实现其功能。

（2）直接测控级

通常由下位机（或称为前置机）实现其功能，可以安放在生产现场或设备附近，使用十分灵活。进行数据采集、数据预处理、开环或闭环控制、设备单元的监测及故障诊断、事故报警等；接受和执行过程监督级的指令，并向上级计算机传递实时信息。

3. 分布式控制系统（Distributed Control System, DCS）

采用金字塔式层次化的体系结构，实现分散控制、集中操作、分级管理、分而自治和综合协调的设计原则。分散控制分散了危险，大大提高了整个系统的可靠性；集中操作管理将多种监测控制、计划管理功能有机地集成起来，最终实现控制自动化和信息管理自动化的结合。

4. 现场总线系统

现场总线控制系统（Field Bus Control System, FCS）将计算机网络通信与管理引入工业控制领域，被称之为“21 世纪控制系统结构体系”。FCS 是一个开放式的互连网络，既可以与同层网络互联，也可以与不同层的网络互联；从而将系统中各种传感器、执行器及控制器通过现场控制网络联系起来，通过网络信息传输完成传统系统中需要硬件连接才能传递的信号，完成各设备的协调，实现控制目标。

1.3 微型计算机控制技术的发展与作用

微型计算机控制技术是计算机技术、自动控制技术、人工智能技术、微电子技术、检测与显示技术、通信与网络技术高速发展的结晶，在 21 世纪将达到更高的水平，得到更普遍的应用。

1.3.1 微机控制技术的发展

1946 年世界上第一台电子计算机诞生后不久，50 年代中期便有人开始研究将计算机用于工业控制。1959 年，世界上第一套工业过程计算机控制系统在美国德州的一个炼油厂正式投运。该系统控制了 26 个流量、72 个温度、3 个压力、3 个成分。控制的主要目的是使反应器的压力最小，确定反应器进料量的最优分配，并根据催化作用控制热水流量以及确

定最优循环。

1972年出现的微型计算机,使微型计算机控制技术登上了历史舞台。微型计算机以其运算速度快,体积小,可靠性高和价格便宜的突出优点,一方面使计算机控制系统从传统的、复杂的集中控制为主的结构形式转变为以微型计算机为核心,综合了计算机技术、控制技术、通信技术与图形显示技术的分散控制系统,不仅具有传统的控制功能和集中化的信息管理与操作显示功能,而且还采用了高级语言进行实时控制,有大规模的数据采集、处理功能,以及较强的数据通信能力,成为实现先进控制技术与生产管理的有力工具和手段,在大型装置和系统的控制中占据了主导地位。另一方面使得微机控制技术几乎不受价格和体积限制,渗透到各行各业的各种应用之中;即使是很小的控制任务,也可以采用微型计算机来实现。

21世纪将是微机控制技术飞速发展的新时期,新的控制思想和新的控制技术将不断被过程机理、装置结构、生产环境和控制要求均十分复杂的装置和系统所采用,微型计算机控制系统的外延与内涵都将达到新的水平;在系统进一步完善、功能更加丰富、性能更加可靠的同时,随着价格的不断下降,应用也将更加普及。

1.3.2 微机控制技术的作用

在通往数字化、信息化、现代化的桥梁上,微机控制技术是一块不可缺少的基石。

1. 微机控制技术是IT产业的一项重要支持技术

信息技术(IT)产业已经成为现代社会中的神经系统,已经渗透到了经济领域的各个层面——生产过程、营销过程、管理过程都离不开它。微型计算机控制技术则是IT产业的一项重要支持技术,信息的采集、发送、传输、接收、处理、变换、显示都必须应用微机控制技术。

2. 微机控制技术是各行各业数字化、信息化的必备工具

在数字化、信息化带动各行各业现代化的过程中,微型计算机控制技术起着不可缺少的关键作用。信息与控制的融合是21世纪的特征,数字化、信息化是各行各业现代化的标志。而微机控制技术正是实现数字化部队、数字化视听、数码世界……的必备工具。从数字化部队的各种随身装备到航空航天装置,从各种迷你型家用电器到大型枢纽工程,都可以看到微机控制技术的应用。

1.4 习题与思考题

1. 控制用微型计算机有哪些特点?它由哪几部分组成?
2. 简述微机控制系统的功能与特点。
3. 微机控制系统的不同工作方式和结构分别适用于怎样的控制对象和要求?
4. 在数字化、信息化、现代化的过程中,微机控制技术有哪些重要作用?
5. 你的身边有哪些设施应用了微机控制技术?试举一例并分析其控制方案。
6. 你认为在哪个领域中微机控制技术的应用将得到较大发展?简述该领域的现状和技术发展趋势。

第 2 章 软件工程与操作系统基础

微机控制系统中的软件包括系统软件、支持软件和应用软件，应用软件是在一定的操作系统支持下，利用相应的开发工具，针对具体的对象和技术要求，开发完成的实际运行的软件系统，既要达到规定的功能和性能、又要满足工程实用与心理学的要求。

2.1 软件开发技术概述

2.1.1 软件危机

微机控制系统对软件的可靠性、实时性等有着特殊的要求。微机控制技术的迅速发展，使软件的复杂程度不断增加，用户对软件的性能要求也越来越高。近年来，被称为“软件危机”的严重问题同样出现在微机控制系统的软件开发和维护中，主要表现在以下几个方面：

- 1) 软件的开发与设计难以满足技术及市场日益发展的需要。
- 2) 软件开发成本的估算以及软件开发周期的控制往往非常困难，尤其在国内，成本的估算不但与技术有关，还与人的观念及思想有关。
- 3) 软件开发人员与用户之间的信息交流不充分，软件产品有时很难真正得到用户的客观评价和满意度评估。
- 4) 硬件成本越来越低，而软件只能通过开发人员的劳动完成，人工费用的日益增长，使软件设计费成为系统中成本最高的部分。
- 5) 软件开发如何适应日趋激烈的市场竞争，并延长软件生存周期。
- 6) 软件结构日益庞大与复杂，如何测试其性能，并在整个开发过程中贯彻质量保证措施。
- 7) 在应用过程中如何修正错误、完善系统性能，如何适应硬件环境的变化以及升级、兼容性等维护问题。

解决这些问题的关键是贯彻软件工程化的思想：软件的设计、研制以及维护是一项工程化的工作。

2.1.2 软件工程技术

20 世纪 60 年代末，开始发展并且逐步形成了“软件工程”技术，从管理和技术两方面研究如何更好地开发和维护计算机软件。软件工程采用工程的概念、原理、技术和方法来开发与维护软件，把经过时间考验而证明正确的管理技术和当前能够得到的最好的技术方法结合起来，从而以较小的代价获得高质量软件。

软件是计算机系统中程序和有关文件的集合，即通常所说的文档+程序。软件开发不是某种个体劳动的神秘技巧，而应该是一种组织良好、管理严密、各类人员协同配合、共同完成的工程项目。软件工程技术将软件作为一个工程产品来处理，软件的开发工作应当包括计划、分析、设计、实现、测试以及维护等过程和阶段。

软件工程学主要研究软件的结构、设计方法理论、软件工具、软件工程标准和规范等内容。如何在微机控制系统软件的规范制定、目标要求、选择、设计、开发、测试、评估、维护等过程或阶段贯彻软件工程的思想，为技术服务，为市场服务，是微机控制系统设计技术的重要部分。

1. 软件工程的基本原理

(1) 用分阶段的生命周期计划进行严格管理

一项软件，从构思、开发、投入使用，在使用过程中不断增补修订，直到最后被另一项软件代替的时间，就是该软件的生存周期或生命周期。软件的生命周期包括计划阶段、开发阶段和维护阶段。

不成功的软件项目中有一半左右是由于计划不周造成的。在软件的整个生命周期中应该制定六类切实可行的计划：项目概要计划、里程碑计划、项目控制计划、产品控制计划、验证计划和运行维护计划，然后严格按照计划执行对软件的开发与维护工作，并进行严格管理。

(2) 坚持进行阶段评审

在软件开发的每个阶段都进行严格的评审，以便尽早发现错误，而不能等到编码阶段结束之后再进行质量保证工作。这是因为大部分错误是在编码之前造成的（据统计，设计错误占软件错误的63%，编码错误仅占37%）；设计错误比编码错误更难以发现与改正，而错误发现与改正得越晚，所需付出的代价也越高（如图2-1所示）。

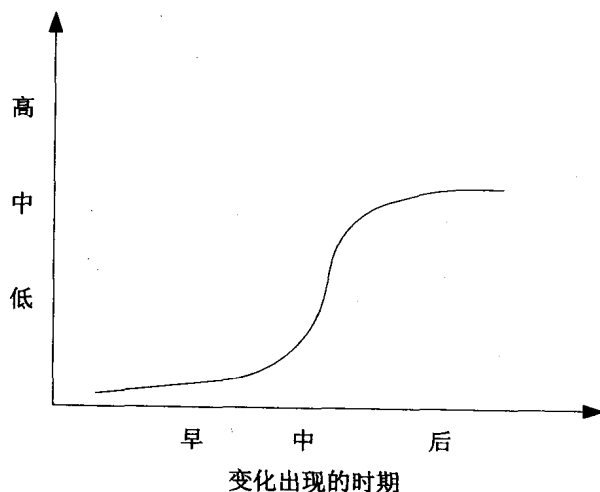


图 2-1 同一变动的纠错代价与时间的关系

(3) 实行严格的产品控制

在软件开发过程中改变一项需求往往需要付出较高的代价，但客户提出改变要求又是无法禁止的，只能依靠科学的产品控制技术来顺应这种要求。基准配置是经过阶段评审后的软件配置成分（各个阶段产生的文档或程序代码）。当改变需求时，一切有关修改软件的建议，特别是涉及到对基准配置的修改，都必须按照严格的规程进行评审，获得批准以后