

计算机等级考试教程

新大纲

微机在测控领域的应用

陈季琪 编著

三级 A

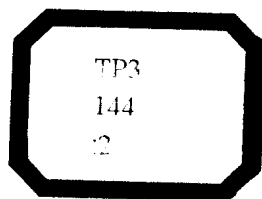
修订版

- 资深专家最新修订版本
- 一至四级整体解决方案
- 兼顾教学、培训及考前复习
- 习题陪练加强效果

全国高等学校计算机教育研究会 组编
课程与教材建设委员会
李大友 主编



机械工业出版社
China Machine Press



计 算 机 等 级 考 试 教 程

(三 级 A)

微机在测控领域的应用

修 订 版

全国高等学校计算机教育研究会 组编
课程与教材建设委员会

李大友 主编

陈季琪 编著



机 械 工 业 出 版 社

本书是根据国家教育部最新修订的全国计算机等级考试三级 A 类（即测控类专业）考试大纲的要求编写的。本书内容的深度和广度完全符合大纲要求。

本书系统、全面地介绍了总线模板式测控微型机主机及基本系统、过程数字量输入输出子系统、过程模拟量输入输出子系统、人机通道的配置及上述系统的典型器件、典型接口模板及应用实例。最后通过实例对微机测控系统的设计与开发进行阐述。全书内容深入浅出、实用性强、便于自学，各章均附有模拟试题及答案。

读者对象：计算机等级考试三级 A 类（即测控类）应试人员、大专院校师生、微机应用科技人员及电脑爱好者等。

图书在版编目（CIP）数据

微机在测控领域的应用/李大友主编；陈季琪编著. —北京：机械工业出版社，2000.1

计算机等级考试教程：三级 A

ISBN 7-111-05595-0

I. 微… II. ①李… ②陈… III. ①微型计算机-计算机应用-自动控制-教材 ②微型计算机-计算机应用-自动检测-教材 IV. TP27

中国版本图书馆 CIP 数据核字（97）第 01607 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：何文军 版式设计：张世琴 责任校对：张 力

封面设计：郭景云 责任印制：路 琳

北京机工印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行

2000 年 1 月第 2 版第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆ · 23.25 印张 · 565 千字

4 001—7 000 册

定价：37.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话（010）68993821、68326677-2527

《计算机等级考试教程》

编 委 会

主 编	李大友		
副主编	袁开榜	何 莉	陈瑞藻
编 委	(按姓氏笔划为序)		
	邓德祥	李芳芸	邵学才
	杨文龙	陈季琪	孟庆昌
	宗大华	姜秀芳	陶龙芳
	屠立德	葛本修	薛宗祥
秘 书	何文军		

《计算机等级考试教程》再版序言

当前,在世界范围内,一个以微电子技术、计算机技术和通信技术为先导的,以信息技术和信息产业为中心的信息革命方兴未艾。信息技术和信息产业的发展,对国民经济的发展、国家经济信息化起着举足轻重的作用,并已成为衡量一个国家发展水平的重要标志。因此,实现国家经济信息化,已成为世界各国所追求的共同目标。

为了使我国尽快实现国家经济信息化,赶上发达国家的水平,必须加速发展我国的信息技术和信息产业。其中最关键的环节就是人才的培养,尤其是计算机应用人才的培养。有了人才,才能迅速提高全社会的计算机应用水平,促进国家经济信息化水平的提高。因此,解决全民普及计算机知识,尽快提高全民族整体的计算机应用水平,已成为当务之急。各行各业、各层次人员,不论年龄与知识背景如何,都应掌握和应用计算机,解决其各自专业领域的计算机应用问题,为本职工作或专业服务,使其与国家经济信息化的需要相适应。

国家教育部考试中心为适应这一形势发展的需要,使所培养的计算机应用人才的水平有一个公正的、客观的统一标准,推出了全国计算机等级考试。这一考试,根据应试者所具有的计算机应用能力水平的不同,划分为不同等级,分别进行考核。

全国计算机等级考试共分为四级八类,其内容范围如下:

一级分为 A、B 两类,均面向文字处理和数据库应用系统操作人员。

一级 A 类要求掌握计算机基础知识、微机系统基本组成、操作系统功能和使用、字表处理软件的功能和使用、数据库应用系统的基本概念和操作。分为 DOS 和 Windows 环境,由考生任选其一。

一级 B 类要求掌握计算机基础知识、微机系统基本组成、DOS 操作系统基本知识及操作、文字处理软件 WPS 和数据库语言的操作。分为 DOS 和 Windows 环境,由考生任选其一。

二级面向使用高级语言进行程序设计的人员。要求掌握计算机基础知识、操作系统的功能和使用、数据库的基本概念及应用和具有使用一种高级语言(C 语言、PASCAL 语言、FORTRAN 语言、QBASIC 语言或数据库语言)进行程序设计的能力。

三级分为 A、B 两类。

三级 A 类面向测控领域的应用人员。要求掌握微机原理、汇编语言程序设计、微机接口技术、软件技术基础、计算机网络以及微机在测控领域的应用。

三级 B 类面向软件方面的应用人员。要求掌握计算机基础知识、数据结构与算法、操作系统、软件工程方法、数据库、计算机网络以及具有微机在管理信息系统或数值计算或计算机辅助设计方面的应用能力。

四级要求达到相当于大学计算机专业本科毕业生水平,具有计算机软件 and 硬件系统的设计开发能力。要求掌握计算机系统原理、计算机体系结构、计算机网络与通信、离散数学、数据结构与算法、操作系统、软件工程和数据库系统原理等方面的基础理论知识。

为推动全国计算机等级考试的健康发展,满足社会上对等级考试教材的迫切要求,全国高等学校计算机教育研究会课程与教材建设委员会组织了高等院校多年从事计算机教育的第

一线专家教授，编写了《计算机等级考试教程》系列教材，并得到机械工业出版社的大力支持与合作，使得这套教程能够及时与广大读者见面。

这套教程自 1995 年面世以来，因其涵盖一至四级完整的体系结构、深入浅出的内容以及随学随练的组织形式，赢得了读者的厚爱。这次的再版，严格按照国家教育部考试中心最新修订的全国计算机等级考试各级各类的考试大纲进行了修订。

由于计算机技术是一门迅速发展的学科及作者水平所限，这套教程肯定会有很多不足之处，衷心希望得到社会各界和广大读者的批评指正。

主编 李大友

前 言

致报考全国计算机等级考试（三级 A 类）的朋友们

全国计算机等级考试举办以来，声誉鹊起，报考青年如潮。参加等级考试已经成为万千莘莘学子及青年职工五彩缤纷的生活中的新热点。值此共青团中央与国家教育部考试中心联合举办“公元 2000 年百万青年全国计算机等级考试达标活动”兴起之际，作者衷心祝愿朋友们：“有志者事竟成”。

“工欲善其事，必先利其器”。为帮助朋友们准备考试，各种辅导教材如雨后春笋般地应运而生。作者曾于 1994 年参加《三级 A 考试指导》（张福炎教授主编）的编写工作，担任占该书 30%篇幅的《接口技术》（第 4 章）及《面向测控领域的应用》部分的编写。该书已三次印刷，受到广大读者的欢迎，也使作者受到鼓舞。但当时由于受到篇幅限制，这两章的部分内容作者处理得过于精炼，过于提纲挈领，特别是《面向测控领域的应用》部分，深度及广度均显得有些欠缺，应用举例的线条也粗了一些，给朋友们的备考工作带来一定困难，这使作者颇感遗憾。

幸而主编李大友教授（第一届全国计算机等级考试委员会委员）约请作者编写这本教程，使作者的遗憾有机会得以弥补。这本教程的书名《微机在测控领域的应用》，已经概括了它的内容，它是根据三级 A 类《考试大纲》的四、七两部分即《接口技术》及《面向测控领域的应用》所规定的内容，在《三级 A 考试指导》的第 4、7 两章的基础上加以扩展精雕细刻编写而成，供报考三级 A 的青年与《三级 A 考试指导》配合使用，以便相辅相成、事半功倍地完成备考工作，全面领会及掌握大纲所要求的考核内容，顺利地通过国家考试。

此外，由于作者水平有限，时间仓促，书中错误及不足之处在所难免，敬请读者不吝批评指教。

预祝朋友们成功！

作者

目 录

《计算机等级考试教程》再版序言

前言

第 1 章 微机测控系统的基本概念 1

1.1 概述 1

1.1.1 实时微机测控系统的一般概念 1

1.1.2 实时微机测控系统的技术特性 3

1.2 实时微机测控系统的系统结构 及组成 5

1.2.1 实时微机测控系统的一般组成 5

1.2.2 实时微机测控系统的结构 6

1.2.3 实时微机测控系统的组成 8

1.3 总线技术与网络技术的关系 9

1.4 实时微机测控系统的软件组成 10

1.5 分布式微机测控系统的一 般概念 12

1.5.1 分布式测控系统的优点 12

1.5.2 分布式微机测控系统的 层次结构 13

模拟试题 14

第 2 章 测控系统微机总线基础 16

2.1 概述 16

2.1.1 总线的概念 16

2.1.2 总线的分类 16

2.1.3 总线标准及常用总线概览 18

2.1.4 总线的基本操作 20

2.1.5 总线的性能指标 23

2.1.6 总线规范——总线标准化 24

2.1.7 总线缓冲与驱动 24

2.2 测控系统常用微机系统总 线标准 25

2.2.1 多总线 Multibus 25

2.2.2 PC/AT 总线——ISA 总线 34

2.2.3 EISA 总线 41

2.2.4 STD 总线 44

2.3 测控系统常用微机并行接口 (总线) 标准 50

2.3.1 VESA 总线标准 50

2.3.2 SCSI 总线标准 51

2.3.3 Centronics 总线标准 55

2.3.4 PCI 总线标准 56

2.4 测控系统常用微机串行接口 (总线) 标准 56

2.4.1 概述 56

2.4.2 RS-232C 标准 58

2.4.3 RS-422 及 RS-423A 标准 62

2.4.4 RS-485 标准 64

模拟试题 64

第 3 章 测控微机主机及基本系统 66

3.1 概述 66

3.2 总线结构的测控微机系统的 组成及其结构 66

3.3 ISA 总线工业级 PC 机主机 68

3.3.1 ISA 总线工业级 PC 机测控 系统简介 68

3.3.2 IPC 610 工业级 PC 机机箱 69

3.3.3 ISA 总线 80286 主机系统 71

3.3.4 ISA 总线 80386 主机系统 74

3.3.5 ISA 总线 80486 主机系统 76

3.3.6 RAM/ROM 盘 (一) 78

3.3.7 RAM/ROM 盘 (二) 78

3.3.8 ISA 总线工业级 PC 机基本 系统简介 80

3.4 STD 总线 PC 兼容机主机 (一) ——系统 I 81

3.4.1 STD 总线 PC 兼容机测控 系统简介 81

3.4.2 STD 总线多主 CPU 模板简介 83

3.4.3 8088 CPU 简介 85

3.4.4 8088 CPU 与 8086 CPU 的对比 86

3.4.5 PC/XT 与 STD 系统 I 时序的 比较 87

3.4.6 总线控制器 8288 简介 92

3.4.7	STD 7864-1 模板的多主总线控制 器功能简介	94
3.4.8	STD 7864-1 模板上的多处理器 系统——iAPX 88/20	99
3.4.9	STD 7864-1 模板的中断 控制器 8259A	100
3.4.10	STD 7864-1 模板的定时器/ 计数器 (8253 PIT)	110
3.5	STD 总线 PC 兼容机主机 (二) —— STD-PC	116
3.5.1	STD-PC 测控微机系统概述	116
3.5.2	STD V40 CPU 模板简介	118
3.5.3	V40 CPU 简介	119
3.5.4	STD-8811 模板的内存地址分配	133
3.6	ROM/RAM 仿真盘技术	133
3.6.1	ROM/RAM 仿真盘与测控微机的 操作系统	133
3.6.2	STD 5184 RAM 盘模板简介	134
3.6.3	HSTD 7723 半导体盘简介	136
3.6.4	ST-8701 半导体盘简介	136
3.7	STD 系统 II 基本系统	137
3.7.1	概述	137
3.7.2	系统 II 的硬件体系结构	138
3.8	STD-PC 测控微机基本系统	139
3.8.1	系统概述	139
3.8.2	主要技术特性	139
3.8.3	硬件组成	140
3.8.4	软件配置	141
3.8.5	STD-PC 测控微机基本系统的 工作模式	142
3.9	多主 STD 总线工业级测控微机 基本系统	142
3.9.1	多微处理机系统的基本概念	142
3.9.2	多主 CPU 模板间的通信 ——总线协议	145
	模拟试题	150
第 4 章	过程数字量输入输出子 系统基础	152
4.1	概述	152
4.2	过程数字量输入通道的并行 接口	153
4.2.1	并行 I/O 接口电路的基本形式	153
4.2.2	接口电路中的数字集成电路及其 连接	155
4.2.3	过程数字量 I/O 子系统的光电 隔离技术	157
4.2.4	开关量输入模板示例	161
4.3	过程数字量输出通道的并行 接口及其功率驱动	165
4.3.1	低中功率开关量输出驱动接口	165
4.3.2	电磁继电器开关量输出驱动 接口及模板产品示例	168
4.3.3	固体继电器开关量输出驱动 接口及模板产品示例	171
4.4	脉冲量编码输出控制接口——步 进电机接口及模板产品示例	180
4.4.1	步进电机的特点及应用	180
4.4.2	步进电机的基本工作原理	180
4.4.3	PC 总线步进电机控制模板示例	186
4.5	实时时钟接口	189
4.6	总线终端网络、看门狗单元及其 模板产品示例	193
4.6.1	总线终端网络单元	193
4.6.2	看门狗(监控定时器)功能单元	194
4.7	系统总线接口及底板产品示例	196
4.7.1	STD 总线底板	196
4.7.2	PC 总线底板示例	197
4.8	频率量信号接口及定时器/计数 器模板产品示例	197
	模拟试题	199
第 5 章	过程模拟量输入输出子系统 基础	201
5.1	概述	201
5.2	模拟量信号输入及其信号调理	202
5.2.1	测控系统中常用传感器的类型	202
5.2.2	输入信号调理及其电路器件	205
5.2.3	5B 系列信号调理模块及其 PC 总线插件模板	209
5.2.4	STD 总线信号调理模板示例	214
5.2.5	智能型温度数据采集系统—— MS5201 及 MS5401 信号调理模 板应用举例	216

5.3 过程模拟量多路选择输入接口模板	217	6.1.2 STD 总线测控微机系统常用人机通道设备	261
5.3.1 概述	217	6.2 微机在测控应用中常用的几种 IBM PC 兼容图形显示器	262
5.3.2 模拟多路选择开关对被测信号的影响	217	6.2.1 光栅扫描式 CRT 显示器的基础知识	263
5.3.3 常用模拟多路选择开关	218	6.2.2 IBM PC 系列微机的显示标准及其进展	265
5.3.4 湿簧继电器通道扩展模板示例	221	6.3 单色字符显示器的基本工作原理	268
5.3.5 64 通道 CMOS 模拟多路开关输入接口模板示例	221	6.4 IBM PC 单色字符显示适配器 MDA 简介	271
5.3.6 采样保持器	222	6.4.1 MDA 显示器	271
5.3.7 STD 总线及 PC 总线模拟量信号多路输入模板产品示例	224	6.4.2 MC 6845 CRT 控制器	273
5.4 过程模拟量输入子系统的 A/D 转换接口及模板产品示例	226	6.5 IBM PC 彩色字符/图形显示器 CGA 简介	279
5.4.1 常用 A/D 转换器的工作原理及其主要类型	226	6.6 IBM PC 彩色字符/图形显示器 EGA 及 VGA 简介	283
5.4.2 A/D 转换器的主要技术指标	229	6.6.1 EGA 显示适配器的结构及功能	283
5.4.3 测控应用中 A/D 转换器芯片及模板的选择	230	6.6.2 VGA 显示器适配器的结构及功能	284
5.4.4 过程模拟量输入模板中的常用 A/D 转换器	232	6.7 液晶显示器 LCD	293
5.4.5 STD 总线 A/D 转换模板产品示例	239	6.7.1 字符型 LCD 的组成原理	294
5.4.6 PC 总线 A/D 转换模板产品示例	243	6.7.2 几种字符型 LCD 的性能及其与 CPU 的接口	298
5.5 过程模拟量输出子系统的 D/A 转换接口及模板产品示例	245	6.7.3 LCD 的显示命令及初始化方法	300
5.5.1 常用 D/A 转换器的工作原理及其主要类型	245	6.8 键盘和 LED 数码管显示控制模板	304
5.5.2 D/A 转换器的主要技术指标	247	6.8.1 概述	304
5.5.3 过程模拟量输出模板中的常用 D/A 转换器	248	6.8.2 8279 可编程键盘/显示器接口	305
5.5.4 STD 总线 D/A 转换模板产品示例	254	6.8.3 显示驱动单元	313
5.5.5 PC 总线 D/A 转换模板产品示例	256	6.8.4 IBM PC/XT 键盘接口模板简介	313
5.5.6 脉宽调制 (PWM) 技术简介	258	6.9 鼠标器及其它输入输出设备简介	315
模拟试题	258	模拟试题	319
第 6 章 微机测控应用中的人机通道配置	261	第 7 章 微机测控系统的设计与开发初阶	321
6.1 概述	261	7.1 TP STD 8000 系列基本系统及系统软件	321
6.1.1 单片机应用系统的人机通道简介	261	7.1.1 STD BS-1 基本系统	321
		7.1.2 STD BS-2 基本系统	324

7.1.3 STD BS-3 基本系统	326	流程	341
7.2 STD 5000 系列工业控制微机		7.4.2 标准化及结构化的设计技术	342
应用系统的组合模式系统软		7.4.3 微机测控应用系统的功能规范	343
件简介	327	7.5 微机实时监测系统设计举例	346
7.2.1 独立工作模式 1	327	7.5.1 小型合成氨厂生产过程监测系统	
7.2.2 独立工作模式 2	328	的硬件环境	346
7.2.3 STD Z80 (5000 系列) 监控		7.5.2 实时监测软件设计简介	348
程序	328	7.6 微机实时控制系统设计举例	354
7.2.4 STD CP/M 操作系统简介	329	7.6.1 GJK-STD I 工业锅炉控制系统	
7.2.5 独立工作模式 3	333	主要参数的控制精度	354
7.2.6 担任前台控制机	333	7.6.2 GJK-STD I 的主要功能	355
7.2.7 构成分布式网络	334	7.6.3 系统结构	356
7.2.8 STD 系统 II 的操作系统软件		7.6.4 GJK 型工业锅炉微机控制装置	
STD MS-DOS 简介	334	的工作原理简介	357
7.3 实时控制组态软件简介	340	模拟试题	358
7.4 微机测控系统设计的一般方法	341	附录 1~7 章模拟试题答案	360
7.4.1 微机测控应用装置或系统的开发			

第1章 微机测控系统的基本概念

将计算机应用于测量、控制领域是计算机在国民经济中应用的一个重要方面。90年代是一个崭新的信息和控制技术飞跃发展的时代,也是我国实施“八五”及“九五”两个关键的五年计划的时代。到本世纪末,我国将实现国民生产总值比1980年翻两番的宏伟目标,从而坚实地打下中华民族在21世纪经济腾飞的基础。

微机测控系统是现代化的测量与控制系统,它通过实现过程或装置的计算机自动监测或自动控制,使操作过程连续化、自动化、高效化,结合优化管理及合理调度,大大地节省能耗、物耗,并提高生产效率及效益。这项先进技术的推广及应用已经并将继续在实现上述宏伟目标中发挥重大作用。

大多数的微机测控系统是实时计算机系统,本章将介绍有关的基本概念及术语。微机测控系统最佳的系统结构是“标准系统总线+功能模板”式的结构,本章也将介绍其基本概念,并作为贯穿全书的一条主线,在后续各章中进行深入的介绍及展开。

1.1 概述

1.1.1 实时微机测控系统的一般概念

1. 实时系统与分时系统

大学计算中心内供同学们程序设计语言课程上机用的多终端计算机应用系统,是分时计算机系统的一个例子。它用一台小型计算机,带上几十个终端,供几十个学生同时上机使用。在这种系统中有过上机经验的学生知道,同时上机的人数越多,他的终端的工作速度就越慢,令人着急;若同时上机的人数越少,他的终端的工作速度就越快。其原因是这种系统的主机是按照划分时间片给每一个当前正在操作的终端的方法,让各终端平等地共享主机的服务——每个终端的优先级都是相同的,任何带有紧急任务的终端用户也都得等到轮到他使用主机分配给他的时间片时才能获得主机的使用权,而不能因有紧急任务提前获得服务。

从这个例子可以看出,分时系统中的各种操作是按照平分时间片的方法被主机顺序处理的,不具有(优先级)中断的功能,因此不能响应突发事件要求即时予以服务的请求。

再举一个实时计算机系统的例子。例如,一个反应釜计算机控制系统中,需要对温度、压力两种被控参数进行巡回检测,同时在压力值超过设定的上限值时,立即报警,并关闭加热体的电源。显而易见,这个系统要求计算机系统具备优先级中断的功能。我们知道,根据经验推荐值,温度的采样周期较长,约为30s,而压力的采样周期较短,约为2s~3s。因此,系统需要有一个独立于CPU的实时时钟,每隔3s通过中断启动压力巡检程序对各点的压力值采样;每隔30s通过中断启动温度巡检程序对各点的温度值采样,且压力巡检操作的中断优先级高于温度巡检操作的优先级。此外,各压力采样点的数值通过变送器转换为标准信号电平后,再通过一个逻辑电路连接于CPU的非屏蔽中断引脚,这样当其中任何一个采样点的压力超过其上限值时,将立即使CPU进入非屏蔽中断机器周期,并自动执行“压力越限非屏蔽中断服务程序”,发出报警信号,并立即关闭加热体的电源。

这个系统是一个实时计算机控制系统，它有三个优先级不同的操作，也可以称之为三个“任务”，其中优先级最高的是压力值越上限处理任务，其次是压力值巡回检测任务，最低级别的任务是温度值巡回检测任务。显然，需要有一个“调度程序”来管理这三个任务的运行，这个调度程序按照其功能强弱和繁简不同，可以叫作实时操作系统、实时调度管理程序或实时操作内核等。

与前面举的分时计算机应用系统的明显区别是，这个系统的三个不同操作不是按照顺序在相等的时间片内轮流使用 CPU 的。系统按照工艺的要求，以不同的采样周期分别对压力和温度采样。若在温度采样周期内，压力巡检定时时间已到并产生中断请求时，则 CPU 将中断温度采样并响应压力巡检中断请求，进入压力巡检，待结束后才返回到温度巡检操作继续进行。同时，无论是 CPU 处于温度或压力巡检周期，只要有压力值超越上限值的现象发生，都将立刻中断巡检操作，如上所述，进入非屏蔽中断，告警并关闭加热体的电源。

通过本例可以得出，实时性是实时计算机系统区别于一般计算机应用系统的关键所在。所谓实时性首先是指系统中不同操作的优先级有高低之分，优先级高的由调度程序安排使它先执行，即获得 CPU 的处理服务。此外，有的实时计算机系统可以具有抢占调度的功能，即在正常的工作情况下，若优先级高的任务条件得到满足，系统将中断正常运行，转去执行优先级高的任务，待执行结束后，再回来执行原先的任务。

2. 微机实时测控操作的内涵

上面通过实例，介绍了一个具体的实时计算机测控系统。当然，它只是一个概念性的举例，并且不够完整，下面我们继续进一步地加深对实时计算机测控系统的认识，并深入理解“实时处理”这个术语的意义。

微机实时测控系统与通用的科学计算或数据处理用的微机一样，由基本硬件和软件构成，其软件也是由系统软件和应用软件组成。然而它们之间有显著的不同，关键在于前者具有“实时性”。微机对其测量、控制对象的实时处理包括以下 4 项内容。

(1) 实时数据采集 微机测控系统将测控对象，例如温度、压力、液位、流量、成份、转速、位移量等，在当前采样时刻的瞬时值经模拟数字转换后进行扫描采样，其结果存入内存，并依据需要进行数字滤波及工程量换算等处理加工。采样周期依照工艺要求所允许的时间来确定，通常采用经验推荐值。

(2) 实时决策 微机测控系统对上述采集得到的样本数据，即反映当前生产过程状态的信息进行比较、分析、判断后，确定哪些生产过程参数偏离了预定值或者超越了安全极限值，从而给出下一步的处理。例如，进行越限报警或即时按预定的控制规律，例如 PID 算法进行运算后给出控制决策。

(3) 实时控制 测控系统及时地将控制决策结果转化为控制量并通过过程输出接口作用于受控对象的控制机构，例如调节器、执行器、步进电机等，用来校正被控参数。

(4) 实时报警及故障处理 通常这一步骤是在实时数据采集后紧接着进行的，也可以是由故障设备主动向主机请求中断处理后进行的，在这种情况下，微机及时给出声光报警信号，需要时由 CPU 执行中断服务程序进行故障处理。

一般情况下，以上 4 项操作反复执行即可实现被控系统按照所期望的最佳运行方式运行，以及对被控过程或装置的异常状态进行监督、处理，这也就是“实时处理”的全部含义。

综上所述，所谓“实时处理”应理解成系统应设有实时时钟，具有满足某一特定生产工

艺所要求的数据测量、处理及即时控制的速度，并有能够及时地响应各操作所需的多级中断系统；从软件的角度说，要求系统软件能实时调度、响应。因此除应有完备的实时管理程序、中断管理程序外，在较为复杂的应用场合中计算机测控系统还需要配备实时多任务管理软件，甚至配备实时操作系统，以便允许多道任务并行运行，或者更进一步采用双机冗余、多机冗余或分布式测控系统。

1.1.2 实时微机测控系统的技术特性

由于工作环境、实现任务的不同，一般而言，微型机测控系统与用于科学计算或用于数据处理、企业管理系统的计算机的技术特性有明显区别。即使是同属于测控应用的微型机也因其工作环境和实现任务的不同，而分属于不同的档次。例如研究所或大学的实验室中的测控微型机，由于现场环境良好而且不要求长期持续工作，即使用普通的 PC 机插上所需的接口模板（卡）来构成，也足以圆满完成任务。倘若是设置在现场环境恶劣的车间中的测控计算机，则由于车间内的粉尘污染、电气干扰、阵发性地震动、电源波动、湿度大等不利因素，加上工艺要求作为控制器使用的计算机必须一年到头不间断地工作，就必须使用性能优良、便于维护检修的工业 PC 机或其它工业用微型机。因此，在选择微机测控系统中的主机和外围设备、接口模板时需按照具体的要求及所实现的任务进行具体的分析，并从技术和经济两方面综合考虑，合理地构成所需的系统。微机测控系统中的计算机及外围设备、接口模板的品质，通常可以按下列指标进行衡量及选择。

1. 实时性

这项技术特性已在上面详细讨论过了，从略。

2. 可靠性及可维修性

通常，微机测控系统用于对加工设备或生产过程的监控，其作用相当于智能型控制器。显而易见，一旦计算机系统发生故障，总要影响生产的正常运行，尤其在缺少手动操纵系统的情况下，可能给生产造成巨大的损失或发生事故。

这项技术性能是在设计测控系统，包括选择各功能模板部件搭建成系统时就已确定的一项固有特性。这就要求系统的设计人员在设计系统时，要全面地考虑，从系统的硬件体系结构、软件结构到功能模板的选择以及工程实施时的各种抗干扰措施都无分巨细地考虑在内，处处谨小慎微，精心设计精心施工，才能获得完满的结果。也就是说，高可靠性的系统是通过可靠性设计和可靠性生产产生的。

系统的可靠性和可维修性指标对那些需要连续运行的计算机测控系统，例如在冶金、化工、石油等产业内应用的系统尤其重要。这些产业通常需要测控处于高温、高压及连续生产的生产过程，有的企业还具有连续生产周期长的特点。而在车间、工段、生产线上运行的微机测控装置往往又不具备使用空调器降温及过滤空气的条件，致使测控装置有可能在较高（超过 40℃）或较低（0℃ 以下）的环境温度以及高湿度、高粉尘、有害气体、有强烈电磁干扰的非正常条件下保证其正常运行。这都对测控系统的可靠性和可维修性提出了严格的要求。

系统的可靠性是指它在检验规程所规定的条件下，包括在规定的时间内完成规定的功能的能力。测控系统的可靠性作为产品技术特性的一项指标，具有综合性、时间性和统计性等性质。

综合性的含义是不能仅从测控系统的某一项指标来评定其质量的好坏，而要从测控系统的整体上是能不能实现预定的功能来评定其质量。

时间性的含义是指测控系统在整个使用周期之内,直到它“退役”以前,在规定的环境条件和使用条件下使用,都能保持系统在产品出厂时所规定的技术性能。

统计性的含义系指测控系统产品的可靠性的高低,不能单纯地依赖于使用仪器在短时间所获得的测量结果来判定,而是要通过大量的统计数据的积累才能获得结果,即服从于统计规律。

微机测控系统的可靠性指标通常采用系统的平均无故障时间(MTBF——Mean Time Between Failure)表示。从统计规律出发,测控系统中可修复部件产品的 MTBF 系指其无故障工作时间的平均值。而对系统中那些不可修复的部件产品来说,MTBF 是指其寿命的平均值。对于一批产品,其 MTBF 可用下式表示:

$$MTBF = \sum_{i=1}^K \frac{t_i}{K}$$

上式中的 t_i 为这批产品中第 i 个产品的无故障工作时间, K 表示这批产品的总数量。

不言而喻,MTBF 的数值越高,表明系统的无故障时间越长,下面用具体的数字定量地说明一下 MTBF 性能指标。

根据国家标准 GB 9813—88《微型数字电子计算机通用技术条例》规定通用微型机的 MTBF $\geq 2000h$,模板级(插件板)产品的 MTBF $\geq 4000h$ 。实际上,通常认为测控系统的微型机,其 MTBF $\geq 8760h$ (一年);美国 IBM 公司制定的技术标准中规定典型办公室用微型机的 MTBF 是 8760h,而工业用 PC 机(Industrial PC)的 MTBF 是 26280h(三年);目前国内市场上流行的台湾产研华(Advantech)公司的工业级 PC 机,如 PCA-6134,其 MTBF 分别为 43700h(25°C)和 21000h(60°C)。从这些实例可知,当前工业级的 PC 机或其它微型机的 MTBF 至少应为三年,这也为选购测控系统的主机提供了依据。

平均维修时间(MTTR——Mean Time To Repair)是与可靠性指标 MTBF 一道用来评估系统的可用性的另一项指标。MTTR 表明系统在故障后通过维修恢复正常工作能力所需的平均时间,当然,这个时间愈短愈好。

MTTR 是系统维修性优劣的判据,通常系统的维修性是由其故障诊断能力(特别是系统自检功能的强弱)、系统的结构、是否便于拆卸和更换故障部件(如功能模板)、是否支持带电拔插功能模板等确定的。

3. 环境适应性

如上所述,不同场合中运行的测控系统对环境条件的要求也迥然不同,我们应按照现场环境对测控系统的影响来设计或选择微型机系统。测控微型机系统的环境指标大致有以下几种:

(1) 工作温度 这项指标用来界定系统的工作温度范围。例如 IBM 公司的办公室用 PC 机的工作温度范围是 15~32°C,而 IBM 工业级 PC 机的工作温度范围要宽得多,达 0~50°C;研华公司的 PCA 系列工业控制微机 CPU 模板的工作温度范围达 0~60°C,性能优越。

(2) 环境湿度 这项指标包括系统运行时的湿度极限值及储存时的湿度极限值。

(3) 冲击及振动 该指标表明系统忍受冲击及振动的能力,例如 IBM 办公室 PC 机的此指标是 0.15g 150Hz~250Hz;IBM 工业级 PC 机的指标是 0.7g 200Hz~500Hz,可以看出,这个值比办公室 PC 机提高 3 倍。

(4) 抗电浪涌性能 系统若由工业电网供电时,可能由于电网上其它大容量的电感性负荷的投入或脱离而产生很高的感应电动势,从而形成瞬间的电浪涌过电压,测控系统的主机

需有抵抗电浪涌过电压的能力。例如 IBM 的办公室 PC 机抗电浪涌过电压性能为 $\pm 750\text{V}$ ，而其工业级 PC 为 $\pm 2500\text{V}$ ，即提高了 3 倍。

(5) 电源适应性 包括电源电压的幅值、频率及电源电压允许波动范围和频率波动范围。系统的地线要求，包括接地方式和接地电阻。

(6) 抗干扰性能 系统是否采取隔离、浮空等技术措施，截断经由传感器、执行机构的地线引入主机逻辑地线的电气干扰，以避免主机数字信号传输中发生逻辑错误甚至机毁人亡的事故。

系统的主机在因受电磁干扰致使正在执行的测控程序偏离预定的路径时，应能及时自动地使它在规定的入口地址重新返回，以免受控对象发生失控。例如，大多数工业用微型机的 CPU 模板上都设有硬件监控定时器 (Watchdog Timer) 用来监督、保障测控程序偏离预定路径后能及时返回。

1.2 实时微机测控系统的系统结构及组成

本节的标题强调了实时测控系统是由微机为核心来构成的概念，这是由于实时工业测控系统在过去常由模拟电路构成的闭环控制系统或由数字逻辑构成的顺序逻辑控制系统实现的。近 10 年来，即从 80 年代中期，我国引入 STD 总线工业测控计算机技术以来，由于计算机价格连年下降、质量日益提升和计算机测控技术的普及，实时微机测控系统迅速地代替了其它常规实时测控系统。这种系统的主要优点是市场上可以提供的系列产品成龙配套，例如有 PC 总线测控系统、STD 总线测控系统及 VME 总线测控系统等，选择的余地大，且可靠性很高；同时为解决应用软件开发难度高的问题，各公司推出了许多组态软件——实时测控系统的支持软件，大大简化了软件构成的复杂性；此外，在实际运行中，与常规自动化仪表构成的控制系统相比，微型机控制系统的突出优点：

1) 使用软件编程实现对生产装置或过程的自动控制、方式灵活多变，能充分适应不同生产工艺对控制的要求。

2) 通过调整软件参数的方法来改变控制算法，从而实现最佳控制模式的选择。

3) 系统的灵敏度较高，能即时地了解控制系统的变化情况，从而及时地按工艺要求进行控制，提高产品的质量及合格率。

4) 一个微机控制系统能取代多台常规控制器构成的多回路、多参数控制系统，不但能节约投资，而且提高了系统的利用率。

5) 易于互连实现网络控制方式构成分布式控制系统，有利于危险分散并提高系统的可靠性，并便于实现生产过程的全局自动化。

因此，微机测控系统受到现场工程师的日益增长的广泛欢迎。

1.2.1 实时微机测控系统的一般组成

图 1-2-1 表明了实时微机测控系统的组成结构，这仅仅是一个示意图，它所略去的部分及抽象化处理的部分将在下面叙述中加以补充和具体化。图中的计算机框是指抽象化的计算机或广义计算机，实际上可以理解成一个简易的单片机系统或一个单板机系统；也可以是一台 PC 机或 STD 总线工业控制微机的单机系统；或者稍复杂一些，把它理解成一个双机系统；或者再复杂一些，理解成一个共享 STD 总线的多处理机系统；更广泛一些，也可以把它认为是一个集散系统或分布式计算机系统。以上各种理解反映了实时微机测控系统在不同层次上的

应用,也都是对计算机框的具体化描述。

在图 1-2-1 中,控制对象可以是一个生产过程,例如一座炼油厂的精馏车间的生产过程;也可以是一个工业装置,例如一台数控机床等等。通常,实时微机测控系统所收集的控制对象的传感器(如温度、压力、液位等)产生的信号,是经过信号调理(滤波、整形、放大及隔离)后进入输入接口并转换成 TTL 电平的数字量,随后被送入计算机进行处理或按照一定的控制算法进行运算,获得结果后即经由输出接口输出或通过人机接口输出到操作控制台上的 CRT 显示器或 LED 显示器或其它显示设备、记

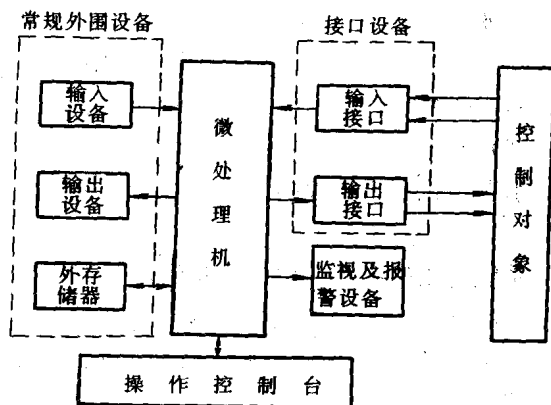


图 1-2-1 实时微机测控系统的一般组成

录仪、打印机等外围设备上。通过输出接口输出的控制信号,有的直接馈送到 LED 报警指示灯上;有的要经过输出信号调理(隔离,放大)馈送给双态执行机构或步进电机进行控制或调节;也有些输出信号需转换成模拟信号再经信号调理后馈送给模拟执行器来调控被控参数。

图 1-2-1 中所示的操作控制台是微型机测控系统的一个重要组成部分,在正常运行时系统是无需操作人员干预的,但不能因此而降低作为人机接口的操作控制台在测控系统中的作用。实际上,控制台是操作者与微机测控系统之间进行信息交换的装置,它把操作者管理、控制被控对象的经验及能力同计算机的信息处理能力完美地结合起来,实现高水准的监测、控制。

控制台在系统运行时提供当前生产过程的各种信息,供操作人员监督及了解;在运行异常时给出报警信号,或由计算机自行按照特定的程序处理,或由操作人员通过控制台上的键盘进行干预。在严重故障的情况下,系统应能自动转入手动操作方式,这时操作人员在控制台上以人工方式控制系统的运行。

此外,有时操作人员需改变控制方式或控制参数,也都需用控制台上的键盘进行操作。

1.2.2 实时微机测控系统的结构

通常,微机测控装置或系统可分为两种结构形式,即模块化结构(总线结构)及非模块化结构。

1. 非模块化结构

基于大规模集成电路技术的高度成熟和高速的发展,系统工程师在实现专用的实时微机测控装置或系统,例如智能化的数字式测量装置、仪表或家用电器的微电脑控制系统时的一种选择是按照所要求的系统功能,选择芯片及元器件进行逻辑组合及软件编程,构成所需的系统。这种系统具有非模块化的结构,适用于不太复杂的小系统。实践表明,随着系统复杂程度的增加和系统规模的扩大,其设计和制造的工作量都将按指数函数迅速上升,因之通常用于小型系统。

采用非结构化(即非模块化)系统结构的测控系统具有功能固定的特点,其硬件及软件开发完成以后,一旦批量生产就不能再更改;同时由于是专用系统,设计时就是按照需要配置硬、软件的,因此冗余部分很少,其性能价格之比可以作得较高,这类系统通常多用单片机实现。