

李行善 编著

计算机 测试与控制

北京航空航天大学出版社

计 算 机 测 试 与 控 制

李 行 善 编 著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是航空工业部教材编审室组织编写的航空院校统编教材之一。本书从应用角度全面地阐述了采用微型计算机解决测控问题所涉及到的软、硬件技术问题。包括：测控系统组成及典型应用(第一章)；测控接口(第二章)；采用微型计算机的测试技术(第三章)；采用微型计算机的控制技术(第四章)；测控算法(第五章)；软件设计(第六章)；标准总线(第七章)及多微处理机系统(第八章)。各章节附有大量应用实例。

本书突出工程应用，具有先进性、实用性及通俗易懂的特点。

本书主要用作仪表与测试类专业本科生教材，同时，本书也会是其它类似专业的大学生、研究生以及从事工业检测及自动化技术工作的工程技术人员有价值的参考书。

计 算 机 测 试 与 控 制

JISUANJI CESHY YU KUENGZHI

李 行 善 编 著

责任编辑 白文林

北京航空航天大学出版社出版

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经销

北京飞达印刷厂印刷 通县徐官屯装订厂装订

787×1092 1/16 印张：19.25 字数：492千字

1990年元月第一版 1990年元月第一次印刷 印数：5000册

ISBN-7-81012-145-6/TP·022 定价：3.85元

前 言

本教材是依据航空工业部一九八八年至一九九〇年教材选题计划,按照航空工业部高校教材第三编委会拟定的“计算机测试与控制”课程教学要求编写的。

“计算机测试与控制”课程为“仪表与测试”(检测技术及仪器)等测试专业的本科生专业课。按照教学计划,该课程在前修课“微型计算机原理及其应用”的基础上,进一步讲述组成计算机测控系统的基本方法,以培养学生应用计算机解决测控方面工程问题的能力。

多年的教学和科研实践证明,为测试类专业增设“计算机测试与控制”课并编写相应的教材是十分必要的,因为在计算机应用技术中,“测”与“控”往往密不可分。即使一个以测试为目的的系统往往还需具备一些控制功能,本质上为一测控系统。因此,从事测试技术的工程技术人员,很有必要掌握最基本的计算机控制技术,只有这样才能适应实际工作的需要。

本书共分八章。第一章绪论,主要介绍计算机测试系统和计算机控制系统的组成、分类以及主要的应用情况。第二章测控系统接口技术,讲述测控系统中常用的键盘接口、显示器接口、模拟通道接口、电平转换电路、执行机接口等。第三章微型计算机测试技术,讲述以微型计算机为基础的直流电压、频率及周期、温度、湿度、转速等的测量原理及实现方法。第四章微型计算机控制技术,讲述采用微型计算机的顺序控制、数值控制、步进电机控制等用开关量实现控制的方法以及计算机控制系统的模拟化设计方法。第五章测控系统常用算法,讲述测控技术中常用的代码转换、算术运算、延时定时、检索分类、线性化处理、数字滤波、自检方法等。第六章测控系统软件设计方法,讲述测控系统应用软件开发步骤和方法。第七章通用标准总线,介绍微计算机系统常用的几种内总线及外总线。第八章多微处理机系统,介绍多微处理机系统的特点、结构及分类,互连与通讯,并行处理方法以及多微处理机系统开发中的一些主要问题。

本书在内容取材上立足于工程应用。各章节均附有大量硬件电路及应用程序实例,以加深读者对正文内容的理解。这些实例也可供读者在解决类似工程问题时作参考。本书讲述中以8位微型计算机Z80为主要机型,少量涉及单片微型机及16位微型计算机,为的是较好地实现与前修课程的衔接。

本书是在参阅、整理国内外大量书籍、文献资料并总结本人及编者所在教研室多年从事微型计算机应用的经验的基础上编写成的。编写时注意到了内容先进、系统、实用,文字通俗易懂诸方面。

本教材的参考教学时数为42小时。使用本教材时可根据前修课内容增减相应章节的内容。教学试用表明,本教材合适的教学时数为50小时左右。

北京航空航天大学刘惠彬教授,魏鸿然、周秀银副教授,刘玉岗讲师,中国科学院电工研究所桂竟存高级工程师对本教材提出了许多宝贵意见并在编写过程中给予编者巨大帮助,在此深表谢意。

北京理工大学张宇河副教授按本课程的基本要求审阅了全书,并提出了许多宝贵的意见。白文林同志为本书的出版做了大量的细微的工作。这里表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,加之编写时间十分仓促,书中难免存在一些缺点和错误,敬请批评指正。

编 者

1988.12于北航

目 录

第一章 绪 论	(1)
§ 1.1 计算机测试系统的组成与典型应用	(1)
§ 1.1.1 智能仪器——微型计算机与测量仪器的有机结合	(1)
§ 1.1.2 计算机过程测试系统	(2)
§ 1.1.3 计算机智能测试系统	(4)
§ 1.2 计算机控制系统的组成	(5)
§ 1.2.1 程序控制系统	(5)
§ 1.2.2 实时闭环控制系统	(5)
§ 1.2.3 分布式控制系统	(6)
§ 1.3 计算机测控系统	(7)
§ 1.3.1 测控系统硬件组成	(8)
§ 1.3.2 测控系统软件组成	(9)
§ 1.4 本书内容及重点研究对象	(10)
第二章 测控系统接口技术	(11)
§ 2.1 接口的作用与分类	(11)
§ 2.2 键盘输入接口	(12)
§ 2.2.1 线性无编码键盘接口	(12)
§ 2.2.2 矩阵联接无编码键盘接口	(13)
§ 2.2.3 编码键盘接口	(20)
§ 2.2.4 键语分析	(21)
§ 2.3 显示器接口	(29)
§ 2.3.1 单LED显示器	(29)
§ 2.3.2 七段LED显示器	(31)
§ 2.3.3 点阵字符显示器	(35)
§ 2.4 模拟量输入通道	(37)
§ 2.4.1 模拟量输入通道的一般组成	(37)
§ 2.4.2 多路转换器	(37)
§ 2.4.3 采样-保持器	(38)
§ 2.4.4 模/数转换器接口	(39)
§ 2.5 模拟量输出通道	(42)
§ 2.5.1 不带输入数据寄存器的D/A转换器接口	(42)
§ 2.5.2 微机总线兼容型D/A转换器接口	(43)
§ 2.5.3 双极性模拟量输出的实现	(45)
§ 2.6 多通道A/D及D/A转换电路举例	(46)
§ 2.7 电平转换	(48)
§ 2.7.1 TTL—继电器连接	(48)
§ 2.7.2 TTL—MOS电平转换	(50)

§ 2.7.3 光耦合器的应用	(51)
§ 2.8 执行机接口	(52)
§ 2.8.1 直流伺服电动机接口	(52)
§ 2.8.2 与执行机配用的接口集成电路	(53)
§ 2.8.3 通用外围驱动器应用	(54)
§ 2.9 应用举例——自动混液机控制	(56)
§ 2.10 串行接口	(58)
§ 2.10.1 两种串行通讯方式	(58)
§ 2.10.2 数据传送工作方式	(60)
§ 2.10.3 串行接口的软件实现	(61)
第三章 微型计算机测试技术	(63)
§ 3.1 采用微型计算机的直流电压测量	(63)
§ 3.1.1 直接应用A/D芯片的测量电路	(63)
§ 3.1.2 双积分法	(64)
§ 3.1.3 “电荷平衡”法	(65)
§ 3.2 采用微型计算机的频率测量	(68)
§ 3.2.1 计数测频法	(68)
§ 3.2.2 周期测量法	(70)
§ 3.3 采用微型计算机的转速测量	(74)
§ 3.3.1 以计数测频法为基础的转速测量	(74)
§ 3.3.2 以周期测量法为基础的转速测量	(78)
§ 3.4 采用微型计算机的温度、湿度测量	(80)
§ 3.4.1 利用A/D转换器的温度(湿度)测量	(80)
§ 3.4.2 不用A/D转换器的温度(湿度)测量	(82)
§ 3.5 数据采集系统	(85)
§ 3.5.1 时分多路转换	(85)
§ 3.5.2 典型数据采集系统的组成	(86)
§ 3.5.3 数据采集系统实例	(87)
第四章 微型计算机控制技术	(93)
§ 4.1 用微型计算机实现顺序控制	(93)
§ 4.1.1 微机顺序控制实例	(93)
§ 4.1.2 微机顺序控制器	(98)
§ 4.1.3 群控	(104)
§ 4.2 用微型计算机实现数值控制	(106)
§ 4.2.1 数值控制的基本步骤	(106)
§ 4.2.2 逐点比较法插补原理	(107)
§ 4.2.3 微机数值控制系统组成	(114)
§ 4.3 步进电机控制	(115)
§ 4.3.1 步进电机的控制原理	(115)

§ 4.3.2	步进电机与微型计算机的接口	(116)
§ 4.3.3	步进电机的控制	(118)
§ 4.4	计算机控制系统的模拟化设计	(121)
§ 4.4.1	模拟化设计的概念与进行步骤	(121)
§ 4.4.2	模拟校正装置的离散化方法	(122)
§ 4.4.3	数字校正装置举例	(126)
§ 4.4.4	典型环节的离散化	(128)
§ 4.5	数字PID控制器	(132)
§ 4.5.1	基本PID算法	(132)
§ 4.5.2	PID算法的程序实现	(133)
§ 4.5.3	PID控制器的参数整定	(136)
§ 4.5.4	数字PID控制系统举例	(138)
§ 4.6	数字控制时采样周期的选择	(145)
第五章	测控系统常用算法	(147)
§ 5.1	算法的概念	(147)
§ 5.2	代码转换	(147)
§ 5.2.1	二进制/ASCII码转换	(148)
§ 5.2.2	二进制/BCD码转换	(149)
§ 5.2.3	BCD/二进制数码转换	(150)
§ 5.2.4	BCD码/ASCII码转换	(152)
§ 5.3	二进制整数乘法	(154)
§ 5.3.1	乘法的算法原理	(154)
§ 5.3.2	单字节无符号数乘法	(154)
§ 5.3.3	双字节无符号数乘法	(156)
§ 5.3.4	单字节符号二进制数乘法	(157)
§ 5.3.5	双字节符号二进制数乘法	(159)
§ 5.4	二进制整数除法	(161)
§ 5.4.1	单字节无符号数除法	(162)
§ 5.4.2	双字节无符号数除法	(165)
§ 5.4.3	单字节符号数除法	(166)
§ 5.4.4	简化的除法算法	(170)
§ 5.5	二进制定点数计算	(171)
§ 5.5.1	数的定点表示法	(171)
§ 5.5.2	定点二进制数的计算	(172)
§ 5.6	二进制浮点数的计算	(175)
§ 5.6.1	浮点数表示法	(175)
§ 5.6.2	浮点运算原理	(176)
§ 5.6.3	二进制浮点数计算程序	(178)
§ 5.6.4	定点运算与浮点运算的简单比较	(178)

§ 5.7 常用函数的近似计算	(179)
§ 5.7.1 平方根的计算	(179)
§ 5.7.2 利用幂级数计算常用函数	(180)
§ 5.7.3 利用曲线拟合法计算函数的近似值	(182)
§ 5.8 延时与定时	(182)
§ 5.8.1 软件延时	(183)
§ 5.8.2 用定时器中断实现延时或定时	(185)
§ 5.9 检索与分类	(188)
§ 5.9.1 线性检索	(189)
§ 5.9.2 分类方法	(190)
§ 5.9.3 对分检索	(192)
§ 5.10 线性化与插值算法	(194)
§ 5.10.1 用曲线拟合法实现线性化	(194)
§ 5.10.2 分段线性化与线性插值	(196)
§ 5.11 数字滤波方法	(197)
§ 5.11.1 算术平均值法——平滑滤波	(197)
§ 5.11.2 低通滤波器	(197)
§ 5.11.3 高通滤波器	(202)
§ 5.11.4 带通滤波器	(206)
§ 5.11.5 数字滤波器模拟化设计方法	(206)
§ 5.12 自检方法	(208)
§ 5.12.1 硬件自检	(208)
§ 5.12.2 自检算法	(210)
第六章 测控系统软件设计方法	(213)
§ 6.1 应用软件开发的任务和步骤	(213)
§ 6.2 问题定义	(214)
§ 6.3 程序设计	(218)
§ 6.3.1 模块化程序设计	(219)
§ 6.3.2 自顶向下的程序设计法	(220)
§ 6.4 程序编码	(221)
§ 6.5 查错与测试	(221)
§ 6.5.1 查错手段	(221)
§ 6.5.2 查错方法	(222)
§ 6.5.3 测试方法	(224)
§ 6.6 文件编制	(225)
§ 6.7 高级语言程序与汇编语言程序的连接	(225)
§ 6.7.1 BASIC程序与汇编语言程序的连接	(225)
§ 6.7.2 FORTRAN语言程序与汇编语言程序的连接	(228)
§ 6.7.3 C语言程序与汇编语言程序的连接	(230)

第七章 通用标准总线	(232)
§ 7.1 总线概述	(232)
§ 7.2 STD总线	(233)
§ 7.3 IBM-PC总线	(235)
§ 7.4 RS-232C串行接口标准	(237)
§ 7.4.1 EIA RS-232C接口标准	(238)
§ 7.4.2 用RS-232C标准总线连接系统	(240)
§ 7.4.3 RS-232C接口的实现方法	(242)
§ 7.5 GP-IB (IEEE-488) 总线概述	(248)
§ 7.5.1 GP-IB系统构成	(249)
§ 7.5.2 GP-IB系统的基本特性	(249)
§ 7.5.3 接口功能设置	(250)
§ 7.5.4 GP-IB接口信号线	(252)
§ 7.5.4 三线挂钩联络过程	(253)
§ 7.6 GP-IB总线及接口的信息与编码	(255)
§ 7.7 实现GP-IB接口功能的方法	(257)
§ 7.7.1 GP-IB接口功能的软件实现	(257)
§ 7.7.2 GP-IB接口功能的硬件实现	(264)
§ 7.8 微机系统的GP-IB接口	(265)
§ 7.8.1 PC-8000的GP-IB接口	(266)
§ 7.8.2 IBM-PC的GP-IB接口	(269)
第八章 多微处理机系统	(271)
§ 8.1 多微处理机系统概述	(271)
§ 8.1.1 多微处理机系统的特点及其促进因素	(271)
§ 8.1.2 多微处理机系统的结构与分类	(272)
§ 8.2 多微处理机系统的互连与通讯	(277)
§ 8.2.1 并行总线互连结构	(277)
§ 8.2.2 总线仲裁	(283)
§ 8.2.3 存储器配置与互连	(285)
§ 8.2.4 串行总线结构	(287)
§ 8.3 多微处理机系统的工作方式	(289)
§ 8.3.1 处理机之间的数据传送	(290)
§ 8.3.2 处理机间的数据传送控制	(290)
§ 8.4 并行处理算法	(290)
§ 8.5 分布式操作系统	(292)
§ 8.5.1 用于单处理机系统的操作系统	(292)
§ 8.5.2 分布式操作系统	(293)
§ 8.6 多微处理机系统的开发环境与开发过程	(294)
主要参考文献	(298)

第一章 绪 论

§1.1 计算机测试系统的组成与典型应用

随着科学技术的迅速发展,特别是由于电子技术及计算机技术的突飞猛进,人类已开始向信息时代迈进。进入信息时代的重要标志,是计算机十分广泛地应用于各个领域,变得与社会的经济、人们的生活密不可分。自动化领域是应用计算机最普遍的部门之一。而作为自动化技术领域中两大分支——测试技术与自动控制工程,在今天已几乎无不与计算机紧密相联了。计算机技术的发展,特别是可靠性高、价格便宜、使用灵活方便的微型计算机的出现,给测试技术带来了革命性的变化,也给组成各类新型控制系统开辟了新的途径。

计算机测试系统是以计算机为核心,以“检测”为目的的系统,它的复杂程度与被检测对象密切相关。下面介绍几种典型应用。

§1.1.1 智能仪器——微计算机与测量仪器的有机结合

智能仪器是指以微处理器为基础而设计出的新一代测量仪器,它可以说是最简单的一类计算机测试系统。对智能仪器的“智能”含义目前尚无明确的定义,大体上是指:a.这类仪器功能较多,使用灵活,配有通用接口,有完善的远地输入和输出能力,能很方便地接入自动测试系统。b.仪器本身具有“初级智能”,即具有自动量程转换、自调零、自校准、自检查、自诊断等功能。c.这类仪器采用了“智能”元件——微处理器(或微计算机)。设计这类仪器时采用了新的设计思想,其中最根本的一条就是最大限度地利用微计算机的智能,以组成低成本、高性能的测量仪器。例如,在传统的数字电压表中,为了实现高精度的电压测量,要求数字电压表的模拟放大部分具有良好的稳定性。为了做到这一点,采用了大量高稳定特性的精密元件(低漂移的运算放大器、高性能的精密电阻等)。而在采用微计算机条件下,可以不要求模拟放大部分具有良好的稳定性,只要求将其随环境变化的信息告诉微计算机,利用微计算机的智能,对数据加以适当处理,同样可以得到高的测量精度。用一句形象的话讲,那就是只要模拟电路部分对微计算机来说是“透明的”,就是说微计算机能随时“洞察”模拟电路部分的参数变化,就有了利用微型计算机进行修正的基础。微型计算机的“智能”特性使数字电压表中的精密模拟元件大大减少,从而可降低成本。这是计算机给测试技术带来革命性变化的一个实例。图1.1给出了微机数字多用表的结构框图,从图中可大体看出智能仪器的基本结构,其核心部分是微型计算机。

该仪器具有一个内部总线,微型计算机通过内部总线与仪器其它功能部件进行通讯,实施对整个测量过程的管理与控制。电压、电流、频率、有效值测量电路分别经各自的接口接到内部总线上,相应的测量转换(例如,对直流电压进行测量,要施行模拟——数字转换,对频率进行测量,要施行频率——数字转换)都是在微型计算机控制下进行的。微型计算机还进一步对所采入的数据进行计算、处理并送显示单元显示。这里,四个量的测量共用一台微

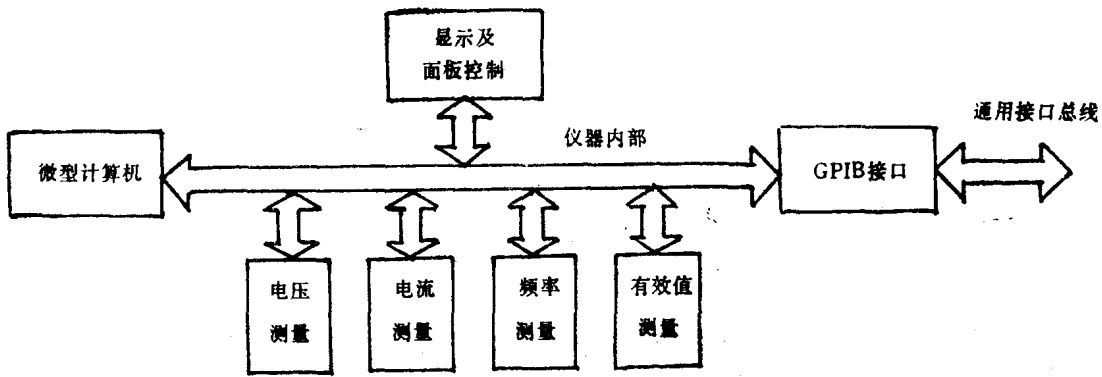


图1.1 智能仪器举例——多用表

型计算机，微型计算机的效能得到充分发挥。仪器还配制了GPIB接口（GPBI是控制仪器通用接口总线—General Purpose Interface Bus—英文缩写，它是国际通用的仪用接口总线。将在本书第七章介绍），使它能很方便地接入以GPIB总线为基础的自动测试系统。

§1.1.2 计算机过程测试系统

过程测试系统以参数测量为目标，用来对被测过程中的一些物理量进行测量，获得相应的精确的测量值。在工业自动化中，过程测试主要用于对工业过程进行检测与分析，或作为过程控制系统的一部分。

过程测试系统在组成方式上可分为集中型与积木型两大类。集中型测试系统的结构框图如图1.2所示。被测参数经检测与数据采集装置中的传感器转换成电信号（例如，模拟形式的直流电压），再经多路转换后与输入接口电路相联，输入接口将该信号转换成计算机要求的数字形式（对于模拟直流电压信号，此输入接口应包含能实现将模拟形式的直流电压转换

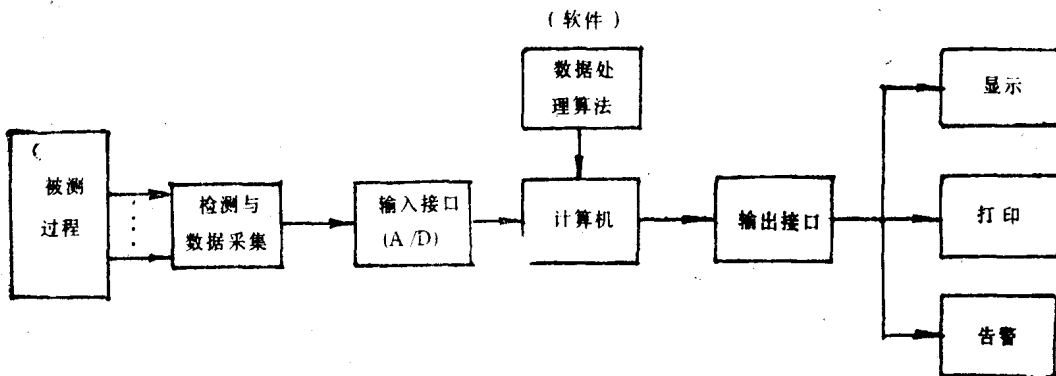


图1.2 集中型计算机测试系统

成数字量的模拟—数字转换器，即A/D转换器），计算机执行数据处理算法后，得到与被测量相对应的精确数值，并将它转换成显示、打印所要求的形式，再经输出接口送显示、打印装置，输出测量结果。当被测参数超过规定限度时，该系统能及时发出告警信号。在这类系统中计算机除完成整个测量过程的控制与管理外，主要是执行各种数据处理算法。应用于

工业环境的这类系统主要用来对工业过程进行集中监视，在过程参数的测量和记录中代替大量的常规显示和记录仪表。应用于实验室环境（如风洞试验、强度试验）的这类系统主要用来对试验过程进行高效率、自动化测量与记录。绝大多数这类系统都是针对特定的测试任务而设计生产的，属于专用计算机测试系统。系统中各个部件所处的位置及相互联结都是固定的。因此这类系统也被称为集中型计算机测试系统。

要完成过程测试任务还可以采用积木式结构组成的自动测试系统。这种积木型系统目前多数是建立在通用接口总线CPIB（也叫IEEE-488，IEC-625，HP-IB总线）的基础上。这类自动测试系统通常由测量仪器（数字万用表、计算器等）、记录仪器（打印机、绘图仪等）、激励及信号给定装置（程控电压源、波形发生器等）和控制仪器（微型计算机等）构成。目前世界工业发达国家所生产的先进的电子仪器都带有CPIB接口。对于一定的测试任务，可按系统技术要求，选用所需的仪器，利用标准的CPIB总线电缆，能很快地将系统联结起来。因而可使系统硬件研制工作量大大减小。

图1.3是积木型自动测试系统的一个实例。该系统用了数百个电阻应变片来测量被测对象中的应力分布。该系统除包含一台计算机外，还有一个电桥，一台数字电压表和打印机。为使一台电桥能与数百个应变片轮流配用，还采用了扫描器，它实际上是一个可控的多路转换开关。计算机、电桥、数字电压表、打印机和扫描器的控制器都通过自身的CPIB接口接到CPIB总线上。系统中各部分之间的信息（命令或数据）交换都是通过总线进行的。在系统中计算机是核心，它不断向各设备发号施令以组织自动测试。首先它发布一条命令启动系统；第二步使各设备处于初始状态；第三步向扫描器的控制器发布命令，使扫描

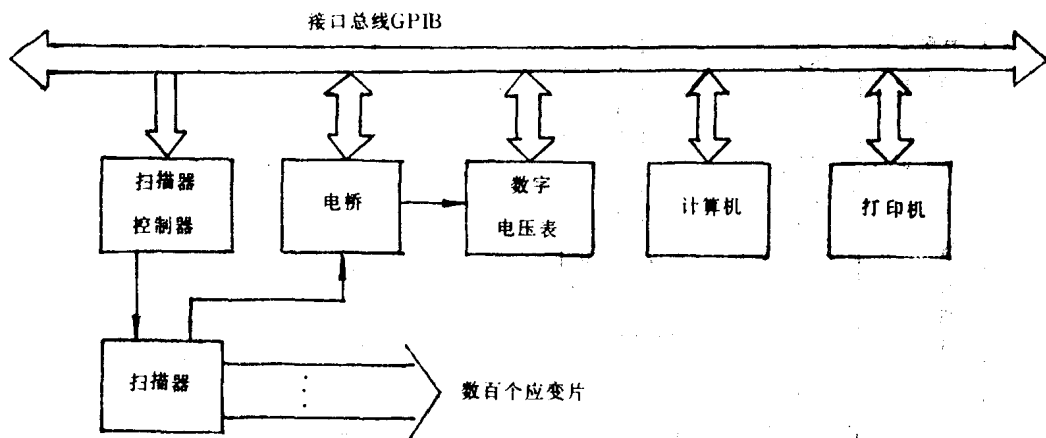


图1.3 积木式自动测试系统实例

器接通指定的应变片；第四步向电桥发布命令，接通与所接应变片相适应的电桥电阻；第五步向数字电压表送选择量程的命令；第六步计算机读取数字电压表的测量结果并进行处理；第七步计算机将处理完的信息送打印机打印。上述七步完成后，计算机又可以再次重复上述过程，选择另一应变片，再次进行另一点的应力测量。积木型自动测试系统的主要优点是系统组成方便灵活，开发周期短，仪器设备利用率高。其主要缺点是总线的信息传送速度不够快，并且由于“地址”、“命令”、“数据”都用同一总线传送，不适用于高速信息传送与处理的应用场合，如实时故障诊断。

§ 1.1.3 计算机智能测试系统

智能测试系统是测试技术中最先进最年轻的研究领域，七十年代以来，对这类系统的研究与日骤增，并且十分迅速地应用于各个领域。这里所谓的“智能”，是指这类系统具有部分人的智能，能局部代替人去完成那些以前要依靠人的智能才能完成的任务。智能测试系统不是以精确测量过程诸参数为目的，而是以获得某种决策或判断为主要目标。例如，这是不是要寻找的工件？（识别型智能测试）设备是否运行正常？（诊断型智能测试）

智能测试技术的研究直接受到生产发展的推动。目前生产过程自动化的程度越来越高，过程检测与过程控制技术有了极大的发展。这时影响实现生产过程全盘自动化的主要矛盾之一就是生产过程中那些要依靠人的智能才能完成的环节。例如，检测工用目测方法分类工件，由于人眼能在瞬间输入大量的信息，人脑的综合判断能力远超过“电脑”，这一工作对人们来说并不困难。如果要用一个计算机测试系统来代替这一检测工，问题却不那么简单。装配工用目测及手感来判断装配质量，机修工用听声音来鉴别机器运转正常与否。这些都引导人们去研制相应的智能测试系统（如听觉智能测试系统，触觉智能测试系统等）。

图1.4所示的高速旋转装置实时故障诊断系统是智能测试系统的一个实例。该系统包含两块以M68000为CPU的单板机，两者在通用标准总线VME（VME总线是并行传送8位至32位数据的标准总线，适用于微机产品，已为几乎所有欧洲微型计算机产品制造商及部分

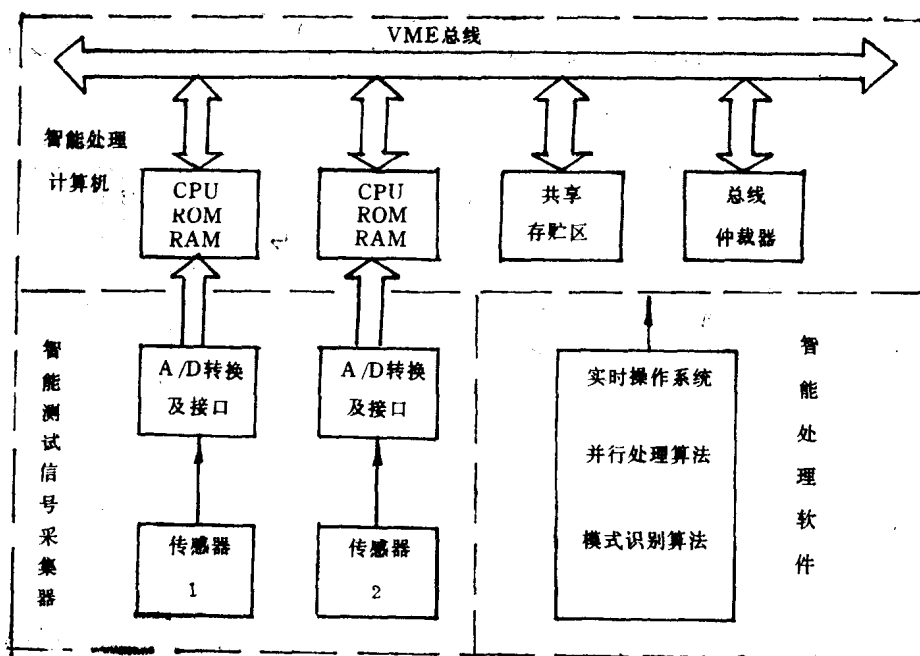


图1.4 高速旋转装置实时故障诊断系统方框图

美、日制造商所采用。)上联成多处理机的并行处理结构。每个单板机通过A/D转换器分别采集相应传感器的数据，进行预处理并存储于板内RAM中，两板之间的数据交换通过共享存储区来实现。由于两块CPU板按主—主方式（多个主计算机）并行工作，为了协调两者的总线使用权，一个总线仲裁器是必需的。（关于多处理机的工作将在第八章讲述。）多

数智能测试系统对实时性是有严格要求的,也就是说,要求以足够快的速度作出判断。上述故障诊断系统要求在故障出现1秒钟内报出故障的类型、故障发生位置及故障原因。而“智能判断”建立在大量的信号处理及模式识别算法的基础上,采用单台微型计算机在速度上难以满足实时要求。图14.所示的多处理机并行处理方案是目前用得最多的。从图中还可看出,一个典型的智能测试系统主要包括三大部分,信号采集器、智能处理计算机及智能处理软件。智能处理计算机应能完成各种复杂高速的信号处理任务。智能处理软件主要是实现以模式识别为基础的各种算法。这类算法往往要求合适的操作系统(如实时操作系统)作支持。

由上述可知,计算机测试系统随着应用目的的不同,具有各种不同的形式。但是从本质上看,各类测试系统的工作过程可归结为以下三步:

1. 数据采集 将与被测参数相对应的信号采入计算机。在实施采集的过程中,包含着计算机对数据采集过程的控制。
2. 数据处理 由计算机执行以测试为目的的算法程序后,得到与被测参数相对应的测量结果(过程测试),或者形成相应的决策与判断(智能测试)。
3. 数据输出 将数据处理的结果送显示装置显示或打印输出。

在计算机测试系统中,计算机实施对整个测试过程的管理与控制,数据的采集、处理、显示、告警等无一不是在计算机控制下完成的。由此可见,以测试为目的的计算机测试系统往往也具备不少控制功能。

从硬件结构上看,各类计算机测试系统大体上都包括以下组成部分:1. 信号采集器及输入接口;2. 计算机;3. 输出设备及其接口;4. 控制台(或面板控制键盘)。而在上述系统方框图中控制台部分均未画出,对一个实用的测试系统来说,为了使操作者能了解和干预测试过程,控制台是必不可少的。

§1.2 计算机控制系统的组成

计算机控制系统因其控制方式不同而结构各异。主要类型有以下几种:

§1.2.1 程序控制系统

这是一种开环控制系统,所采用的计算机一般是廉价的微型计算机。其组成框图如图1.5所示。程序控制的基本思想是将被控对象的动作次序和各类参数输入计算机,然后计算机执行应用程序,按照次序一步一步地控制对象动作,以达到预期的目的。例如,无人驾驶飞机,按照地面控制信息和机内微型计算机的固定程序进行飞行。又如机床的计算机控制,预先输入切削量、裕量、进给量、工件尺寸、加工步骤等参数,运行时由计算机控制刀具轨迹,最后加工出成品。

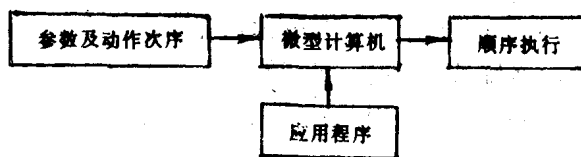


图1.5 程序控制系统框图

§1.2.2 实时闭环控制系统

计算机实时闭环控制系统的组成如图1.6所示。事先将被控对象的状态设定值和数学模

型输入计算机，然后，计算机执行应用程序（最基本的是执行实现控制规律的算法），定时、定点地采集被控对象的各项参数，并与设定值相比较，对偏差按控制规律求调整值，通过执行机构控制被控对象。其最终目的是使偏差接近于“0”。在这里，只要保证数据采集及数据处理的速度能满足被控对象调整的要求，就能达到实时控制的目的。对于慢变参数

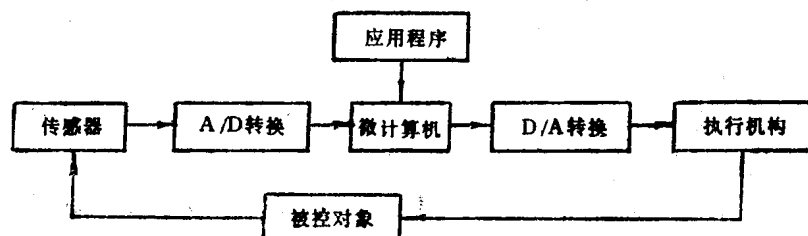
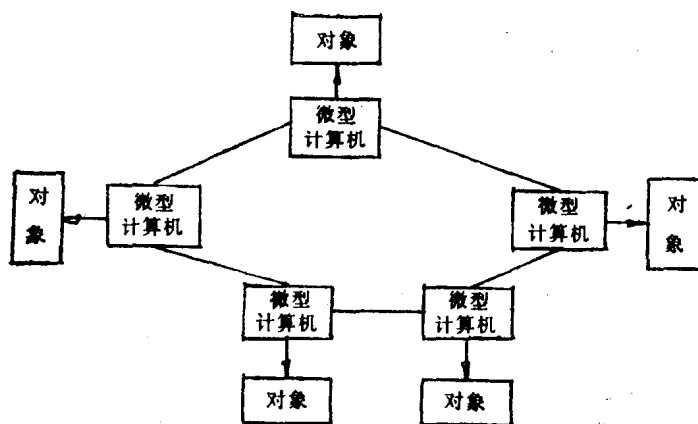


图1.6 计算机实时闭环控制系统框图

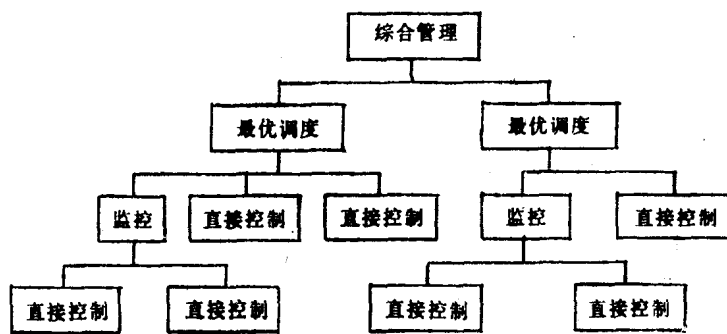
（如湿度、压力、流量、液面等）控制，一般采用单台微计算机。对于控制规律复杂且要求快速控制的场合（如多轴快速伺服控制），图1.6中的计算机可采取多台微型计算机并行工作的形式。这类控制系统是目前最有前途、使用最普通的计算机控制系统。广泛用于过程监控、直接数字控制（DDC）、自适应控制、智能机器人等方面。

§1.2.3 分布式控制系统

复杂的自动化系统，往往要完成各种不同的控制任务，涉及多个被控对象或被控过程。例如飞行控制系统，要实现对飞行器的控制（姿态控制、轨迹控制、增稳控制等）及对动力装置的控制，要完成飞行参数的采集、处理及综合显示，还要实现与导航设备等重要无线电设备交联。对于这样复杂的控制任务，如果仅用一台计算机，则要求此计算机具有极强的功能及很高的运算速度，并且它必然带有十分庞大的接口设备。而且，对该计算机的可靠性要求极高，因为一旦计算机失灵，会导致整个系统瘫痪。用分布控制方式是解决这类复杂控制问题的有效手段。图1.4所示的计算机结构，如果软件采取分布控制算法，也可实现分布控制。但是，由于所采用的VME总线从本质上看是一种I/O总线，所联接的距离很短（一般都在10米之内），因而只能用于诸被控对象间的空间距离很短的场合。如果被控对象的空间分布较广（如解决整个车间的自动化问题），采用多台微型计算机联成局部网络是有效途径。局部网络不同于I/O接口（I/O接口用来联接CPU与相应的外部设备），它用来联结相互独立的CPU，其联结距离在0.1~10千米之间。用于过程控制的局部网络如图1.7所示。图1.7a)所示为集中分散式局部网络。它的特点是：控制功能分散，提高了整个系统的可靠性，系统易于扩展，灵活性大；由于一台微型计算机控制一个被控对象，可分别独立调试，然后联成网络，因此系统的硬、软件调试方便，维护简单；此种类型的局部网络现场改造费用节省。图1.7b)所示为多级递阶式局部网络。它的基本思想是：将计算机分级联网，有一个中心计算机，全面管理计算机网络；第二层计算机实现最优调度；第三、四层计算机则是实时控制的监控计算机或直接控制计算机，由它们对被控对象进行自动调整。这样的局部网络，不仅可对大范围内的众多对象实现实时控制，还可进行企业管理、数据处理、计划编制、市场预测等工作。它是计算机集成制造系统（Computer Integrated Manupature Sysuem简称CIMS）的基本模式之一。



a) 分散式局部网络控制



b) 递阶式局部网络控制

图1.7 分布式局部网络控制示意图

尽管计算机控制系统具有各种不同的形式，就其本质而言，其控制过程可归结为以下三步：

1. 实时数据采集 实时检测被控参数并输入计算机。
2. 实时决策 对被采集到的表征被控参数的各值进行处理，实施控制算法并决定进一步的控制过程。
3. 实时控制 根据决策，适时地对控制机构发出控制信号。

对计算机控制系统一般都要求实时，也就是要求系统对被控过程的变化以足够快的速度作出反应。除此之外，就工作步骤而言，计算机控制系统与计算机测试系统是非常相似的。

§1.3 计算机测控系统

前两节已表明，计算机测试系统与计算机控制系统的工作过程极其相似，如果抛开针对不同应用目的而编写的应用程序，以及具体应用系统提出的特殊要求不谈，两类计算机系统实质上是可以通用的，也就是说：以测试为目的的计算机系统，经过适当地改动也可用作控制；原来用于控制的计算机系统稍加改动，也可成为计算机测试系统。这是因为不

无论是控制系统还是测试系统都是利用计算机的数据处理与控制功能。目前国内应用比较普遍的IBM-PC个人计算机、TP801单板机既被用于组成控制系统，也被用于测试设备就说明了这一点。那么，就解决测试与控制这两类任务而言，系统硬件及软件究竟应包含哪些部分呢？

§1.3.1 测控系统硬件组成

典型的计算机测控系统的硬件组成如图1.8所示。按各部分在系统中的作用，该系统可分为主机、输入输出通道、常规外部设备、接口电路、运行操作台、系统总线等几大部分。

1. 主机 CPU及其内存贮器（ROM、RAM）合称为主机。这部分是系统的核心。主机根据输入通道检测得到的各种参数，按照人们预先安排的程序，自动地进行信息处理、分析和计算。如果以控制为目的，最终要作出相应的控制决策或调节；如果以参数测量为目的，最终要得到与被测参数相对应的精确结果。经由输出通道发出控制命令。采用何种计算机作主机，取决于系统任务的复杂程度及达到的技术指标。目前多数测控系统采用微型计算机作主机，少数采用小型机。

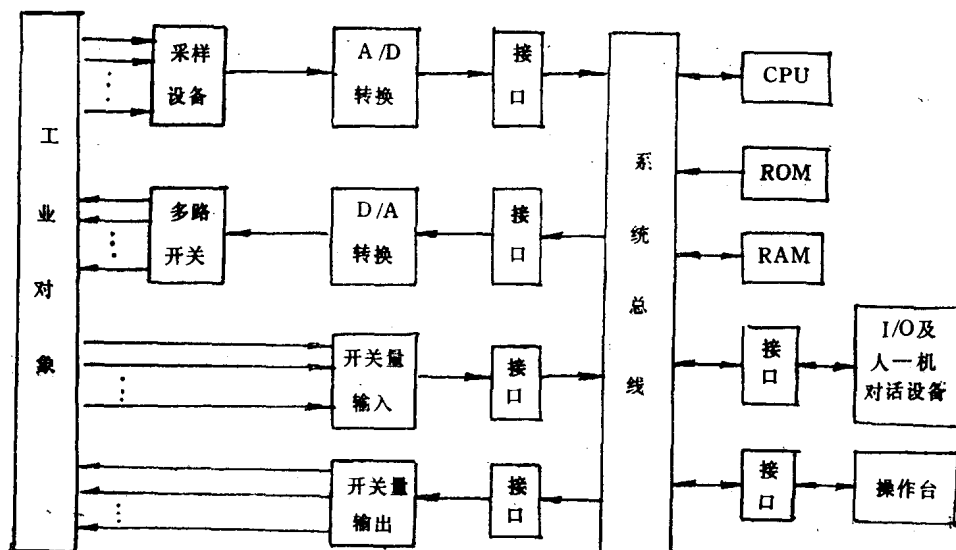


图1.8 典型测控系统的硬件组成

2. 输入输出通道 过程输入输出通道，又称过程通道。它是计算机与外部物理世界（如生产过程）建立信息传递与转换的联结渠道。过程通道又可分为模拟量输入通道、模拟量输出通道、开关量输入通道和开关量输出通道。带有模/数转换器的模拟量输入通道用来连接各类以模拟信号为输出的传感器，也可直接用作模拟形式的电压或电流的输入端。模拟量输出通道带有数/模转换器，使计算机能对模拟形式的执行机构或输出设备进行控制。开关量输入通道用来接收外界以“开关”形式表示的信息。例如，在电网实时监控系统中，它可用来监视电网各类断路器的开合状态。在另一些在线检测中，开关量输入可用来表示“超值”、“告警”、“极性转换”等状态并通知计算机作相应的处理。开关量输入也可用编码的形式向计算机输入信息，这种信息既可以是命令信息（要求计算机执