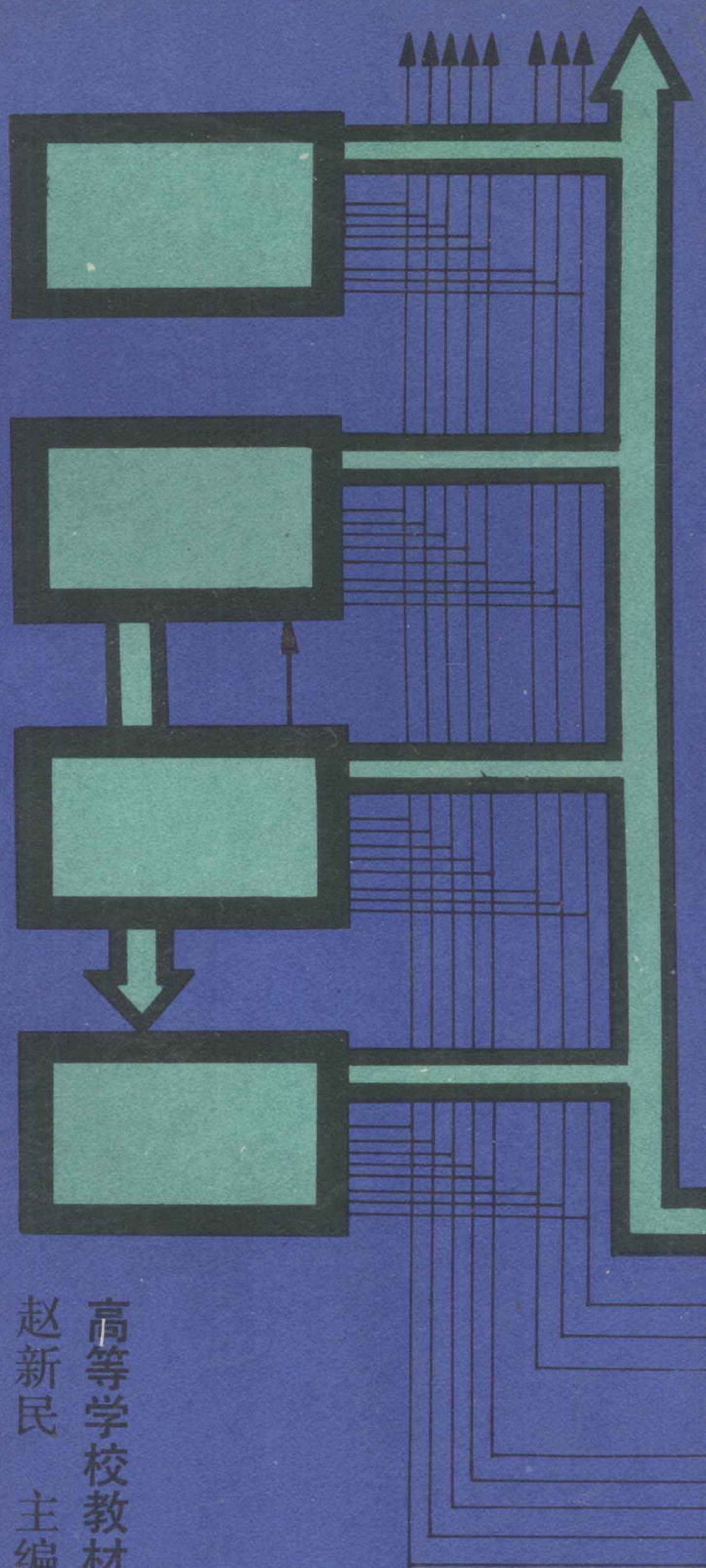


智能仪器原理及设计

ZHI NENG YI QI YUAN LI JI SHE JI

高等学校教材
赵新民 主编



哈尔滨工业大学出版社

高等学校教材

智能仪器原理及设计

赵新民 主编

哈尔滨工业大学出版社

内 容 提 要

本书系按机械电子工业部的工科机、电类专业教材1986—1990年编审出版规划,根据“电磁测量技术及仪表”专业教材编审委员会制定的教学计划和教学大纲以及审定的编写大纲编写出版的。

本书对智能仪器的原理及设计作了较全面的介绍。内容包括:智能仪器中的数据转换及控制、智能仪器常用外设的软件控制、智能仪器的数据处理及算法、智能化数字多用表整机分析、智能仪器的设计以及单片计算机的原理及应用等。

本书为高等工科院校电磁测量及仪表专业本科生或研究生的教材或参考书,也可供从事自动检测、电子测量仪器、自动控制、计算机应用及有关测量技术等方面的工程技术或科学研究人员参考。

高 等 学 校 教 材 智能仪器原理及设计

赵新民 主 编

*

哈尔滨工业大学出版社出版
新华书店首都发行所发行
哈尔滨工业大学印刷厂印刷

*

开本787×1092 1/16 印张18.875 字数365 000

1990年12月第1版 1990年12月第1次印刷

印数1—4 000

ISBN 7-5603-0277-7/TN·20 定价 4.05元

前 言

十多年来计算机技术及微电子器件在测量技术中应用十分广泛。在此基础上发展起来的智能仪器无论是在测量的准确度、灵敏度、可靠性、自动化程度、运用功能方面或在解决测量技术问题的深度及广度方面都有了巨大的发展,以一种崭新的面貌展示在人们的面前。随着大规模集成电路及计算机技术的迅速发展,以及人工智能向测量技术的移植或应用,智能仪器将会有更大的进展。测量仪器的智能化已是现代仪器仪表发展的主要方向,因而它已是当今的测量工作者以及所有与测量技术有关的工程界、教育界及科技界人士所普遍关注的重要问题。了解及熟悉这类仪器的发展概况、工作原理及设计思想无疑是十分重要的。

近年来我国对智能仪器的研究,无论在生产、科研等方面都取得了不少成绩,并积累了许多宝贵经验。本书在编写中不仅注意吸取国外的先进技术,也注意结合我国自己的实际情况力求使读者能对智能仪器中各方面的问题有一个系统的、具体的了解。本书是在总结编者多年教学及科研经验的基础上,经不断修改而写成的。它不仅是一本教科书,而且对从事测量工作的工程技术人员或科技工作者都具有参考价值。

本书按照我国“电磁测量及仪表专业教材编审委员会”讨论通过的教学大纲编写。第一章绪论,概括介绍了智能仪器的发展情况、特点及基本结构等问题。第二章智能仪器中的数据转换及控制,结合具体实例讲述了DAC(数-模转换器)与微机的接口及软件控制;ADC(模-数转换器)与微机的接口及软件控制以及数据采集系统等几个方面的问题。第三章智能仪器常用外设的软件控制,讲述了按键、旋钮、键盘、LED显示器,8279可编程键盘/显示器、CRT及微型打印机等的接口及控制。第四章智能仪器中的数据处理及算法,讲述了常用的算术运算程序,仪器中常用函数算法,测量数据的非数值处理及测量结果的数据处理等方面的问题。第五章智能化数字多用表整机分析,由天津市无线电一厂顾慰君高级工程师结合自行研制的高精度智能化数字多用表HG1963,对A/D转换原理、自动量程转换及自动校准技术等问题进行了分析。第六章智能仪器的设计,介绍了一般设计原则、硬件(主要为内总线)及软件设计等几方面的内容。第七章单片计算机的原理及应用是根据目前单片机在仪器仪表中的广泛应用而设立的。本章结合MCS-51单片机,讲述发展概况、工作原理、内部结构、中断系统,并有应用实例。

本书由哈尔滨工业大学赵新民、淦君载、冯国华及天津市无线电一厂顾慰君等四人编写。赵新民为主编并编写了第一、二、六章;冯国华编写了第三、四章;顾慰君编写了第五章;淦君载编写了第七章。本书由重庆大学宋俊寿教授担任主审。他对全书作了细致地审阅,提出了许多宝贵意见,为此,编者表示深切的谢意。由于水平有限,书中难免有不当或错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

1989年10月

目 录

第一章 绪论	(1)
§1-1 智能仪器的发展概况	(1)
§1-2 智能仪器的特点	(4)
§1-3 智能仪器的基本结构	(6)
第二章 智能仪器中的数据转换及控制	(11)
§2-1 DAC (数-模转换器) 芯片及其与微计算机的接口	(11)
一、一般接口方法	(11)
二、常用DAC芯片与Z80 CPU的接口	(13)
§2-2 微机控制的波形发生器	(17)
一、简单波形发生器	(17)
二、正弦波发生器	(21)
三、任意波形发生器	(24)
§2-3 由微计算机控制组成的ADC (模-数转换器)	(25)
一、微机控制的斜坡式ADC	(25)
二、微机控制的逐次逼近式ADC	(27)
三、微机控制的双积分式ADC	(29)
§2-4 ADC芯片与微计算机的接口	(35)
一、8位ADC的接口	(35)
二、高于8位ADC的接口	(37)
§2-5 微计算机对ADC的控制方式	(42)
一、查询式	(43)
二、中断式	(44)
三、DMA (直接存储器存取) 式	(45)
§2-6 数据采集系统 (DAS)	(47)
一、概述	(47)
二、采样-保持放大器 (SHA) 的动态特性	(52)
三、数据采集芯片	(54)
四、多点巡回检测系统	(55)
第三章 智能仪器常用外设的软件控制	(61)
§3-1 按键开关的软件控制	(61)
一、开关防颤动措施	(62)
二、单次键入判断	(62)

§3-2 旋钮开关的软件控制	(65)
§3-3 键盘的软件控制	(66)
一、非编码键盘	(67)
二、编码键盘	(76)
§3-4 LED显示器的软件控制	(78)
一、七段LED显示器	(78)
二、点阵式LED显示器	(82)
§3-5 8279可编程键盘/显示器	(85)
一、8279的工作原理	(85)
二、8279应用实例	(91)
§3-6 CRT的软件控制	(98)
一、显示原理	(99)
二、8275可编程CRT控制器	(101)
三、8275与CPU的接口	(106)
§3-7 微型打印机的软件控制	(109)
一、打印机机芯的原理结构	(110)
二、接口电路	(111)
三、打印机的软件控制	(112)
第四章 智能仪器中的数据处理及算法	(119)
§4-1 常用算术运算程序	(119)
一、二进制算术运算程序	(119)
二、十进制算术运算程序	(140)
§4-2 仪器中常用函数的算法	(150)
一、台劳公式	(150)
二、三角函数的计算	(151)
三、指数函数 e^x 的计算	(152)
四、自然对数的计算	(152)
五、平方根的计算	(153)
六、智能仪器中常用的几种数值计算	(155)
§4-3 测量数据的非数值处理	(156)
一、查找	(156)
二、排序	(161)
§4-4 测量结果的数据处理	(164)
一、随机误差的处理	(164)
二、系统误差的处理	(166)
第五章 智能化数字多用表整机分析	(176)
§5-1 HG1963 型自动校准数字多用表总体设计	(176)
一、概述	(176)

二、HG 1963型自动校准数字多用表整机方框图	(177)
三、模拟部分	(179)
四、数字部分	(181)
五、程序流程图	(184)
§5-2 HG 1963型自动校准数字多用表的A/D转换原理	(185)
一、两次采样A/D转换原理	(185)
二、两次采样A/D转换的误差分析	(188)
三、脉冲宽度调制D/A转换器	(190)
四、Intel 8253可编程计时器构成的脉冲宽度调制D/A转换器	(191)
五、HG 1963型自动校准数字多用表的A/D转换技术	(194)
六、A/D转换子程序流程图	(197)
§5-3 HG 1963的自动量程转换	(198)
一、自动量程转换的一般要求	(198)
二、HG 1963的自动量程转换子程序	(199)
§5-4 HG 1963的自动校准技术	(201)
一、传统的校准技术	(201)
二、自动校准技术的基本观点和特点	(204)
三、两次采样A/D转换的数学模型	(205)
四、HG 1963输入单元的数学模型	(210)
五、HG 1963的自动校准技术	(215)
六、自动校准程序流程图	(218)
七、HG 1963的高频“自校准”	(220)
第六章 智能仪器的设计	(224)
§6-1 概述	(224)
一、设计流程	(224)
二、智能仪器设计中的软件与硬件折衷	(226)
三、微机开发系统(MDS)	(226)
§6-2 标准总线	(228)
一、S-100总线	(229)
二、STD总线	(232)
§6-3 软件设计	(241)
一、模块化的总体结构	(242)
二、结构化的程序设计	(243)
三、内存分配图	(245)
四、汇编语言与高级语言的连接及应用	(247)
第七章 单片计算机的原理及应用	(251)
§7-1 概述	(251)
§7-2 MCS-51系列单片机的内部结构	(252)

一、微处理器单元.....	(253)
二、存储器.....	(255)
三、I/O 端口.....	(255)
§7-3 存储器的结构.....	(258)
一、存储器的地址空间.....	(258)
二、寻址方式.....	(262)
三、存储器的存取.....	(262)
四、低功耗操作方式.....	(265)
§7-4 定时器/计数器.....	(266)
一、定时器/计数器的内部结构.....	(266)
二、定时器控制与状态寄存器.....	(267)
三、定时器的工作方式.....	(268)
四、定时器/计数器的应用.....	(269)
§7-5 串行口.....	(272)
一、串行口控制寄存器 SCON.....	(273)
二、波特率选择寄存器 PCON.....	(274)
三、串行口的工作方式.....	(274)
四、串行口的应用.....	(275)
§7-6 中断系统.....	(277)
一、中断请求源.....	(278)
二、中断控制.....	(279)
三、中断的响应过程.....	(280)
四、CPU的单步运行控制.....	(280)
§7-7 8031单片机与DAC和 ADC 的接口.....	(281)
一、8031与8位DAC的接口.....	(281)
二、8031与8位ADC的接口.....	(283)
三、8031与5G14433 ADC 的接口.....	(285)
§7-8 单片计算机8031的应用.....	(287)
一、高精度度双斜型A/D转换电路.....	(287)
二、8031用于频率测量.....	(290)
参考文献.....	(292)

第一章 绪 论

§ 1-1 智能仪器的发展概况

智能仪器是计算机技术向测量仪器移植的产物。含有微计算机或微处理器的测量仪器，由于它拥有对数据的存储、运算、逻辑判断及自动化操作等功能，有着智能的作用（表现为智能的延伸或加强等），因而被称之为智能仪器。这一观点已逐渐被国内外学术界所接受。如我国电磁测量信息处理仪器学会于1984年正式成立“自动测试与智能仪器专业学组”，1986年IMEKO (International Measurement Confederation, 国际测量联合会) 以“智能仪器”为主题召开了专门的讨论会，IFAC(International Federation of Automatic Control, 国际自动控制联合会) 1988年的理事会正式确定“智能元件及仪器 (Intelligent Components and Instruments) (TC25)(C&I)为其系列学术委员会之一。此外，1989年5月在我国武汉召开了第一届测试技术与智能仪器国际学术讨论会 (ISMT II'89)。

自从1971年世界上出现了第一种微处理器(美国Intel公司4004型4位微处理器芯片)以来，微计算机技术得到了迅猛的发展。测量仪器在它的影响下有了新的活力，取得了新的进步。电子计算机从过去的庞然大物已经可以在某种特定条件下缩小到可以置于测量仪器之中，作为仪器的控制器、存储器及运算器，并使其具有智能的作用。概括起来说，智能仪器在测量过程自动化、测量结果的数据处理及一机多用（多功能化）等方面已取得巨大的进展。到80年代，可以说，在高准确度、高性能、多功能的测量仪器中已经很少有采用微计算机技术的了。总的来说，可以从对传统仪器的改进和新型仪器的出现两个方面来归纳智能仪器发展概况。

传统的手持式万用表，在采用了单片微机控制之后，功能更加多样，使用更加方便、可靠，而且准确度大为提高。如读数为 $4\frac{1}{2}$ 的万用表，除可测量传统的直流电压、电流及电阻外；对交流电压及电流测量可为真有效值响应；测频率时，范围可扩展到10Hz~1MHz；测温度时，范围可扩展到-60~200℃；可测量电容及电感；可进行电平（分贝值）测量；可实现自动量程切换；有极性显示及输入过载保护等自动化功能；可对测量结果作简单的误差计算。有的万用表还可在数字显示器下面外加光条显示器，以提高对被测信号波动变化倾向的判断能力。

到80年代初期，高性能的数字万用表，读数已达 $7\frac{1}{2}$ ~ $8\frac{1}{2}$ 位，其分辨率直流电压可达0.01μV，交流电压可达0.1μV。24小时准确度，直流电压可达1~2ppm（ppm为百万分之一），交流电压可达±0.01%，真有效值响应、频率覆盖可从音频（20kHz）至

甚低频 (1Hz)，波形因数 (峰值/有效值) 可达5:1。其数据处理功能一般包括：百分误差、绝对误差、最大值及最小值、峰-峰值、平均值、有效值、方差及标准差等。有的仪器可以在数日内进行采样时间间隔可调的自动跟踪测量及自动存数等。

在内藏微计算机的作用下，高性能的数字万用表还采用了不开盖式的自动校准技术 (Closed-Case Autocal)，使仪器的准确度及稳定度进一步提高。与之相适应，80年代初期出现了商品型可携带式精密数字万用表可控校准仪。它允许在一般的实验室环境下实现对 $6\frac{1}{2}$ 到 $8\frac{1}{2}$ 数字多用表进行不开盖的可控制自动化数字校准。这种校准仪不

仅工作简便、速度快，而且可以在较高温度范围内 (如13~33℃) 工作。这就缓解了高准确度数字多用表需定期频繁送检的矛盾，提高了仪器的使用率及可靠性。这些把计量学准确度带入普通实验室的仪器，可以说是在80年代中一个了不起的成绩。

在磁测量仪器方面，采用微机的精密测磁装置已经可以实现对磁性材料的智能化测量。这种装置为一机多用，可实现对硬磁、软磁及交流磁性的测量，在一个装置上可以满足大多数磁性参数及品种的要求。装置采用积木式结构，以适于不同用户的要求。由于很好地发挥了微机的软件处理及控制功能，并利用了外存储及外设的能力，因而此新型的测磁装置测量准确度高、数据处理能力强、量程宽、自动化程度高、操作简便、可自动绘图及打印测试结果。以上这些智能化作用克服了磁测量中的大量手工操作，不仅提高了效率而且使测试结果摆脱了人为的主观因素，使测试结果的重复性好、可靠性高。

智能仪器除了在传统仪器的改进方面取得了巨大的成就而外，还开辟了许多新的应用领域，出现了许多新型的仪器。80年代以来，机械制造业 (汽车制造、VLSI 制造、各种电子设备，如电子计算机、电视机等制造) 的高速发展，使CAM (Computer Aided Manufacturing, 计算机辅助制造) 达到很高水平，它对人类生产力的提高起着巨大的推动作用。为了对CAM的工作质量进行及时监督，切实使成品或半成品的质量得到保证，要求对整个加工工艺过程中各重要环节或工位的在线检测。因此在生产线上或检验室内大量涌现应用各种 CAT (Computer Aided Test 计算机辅助测试) 技术的仪器。例如，在电子类产品生产中使用大量各种规格的印刷电路板 (PCB, Printed Circuit Board)，因而出现了各种PCBCAT设备 (PCBT)。没有高速、高效能的PCBT实现对空PCB或已装元件的PCB进行逐项检验及质量监督，或要想实现电子设备生产上的高速及高质量的CAM的是不可能的。

智能仪器以及计算机系统本身的发展使得其硬件结构及软件内涵越来越复杂，随之而来的是对其工作状态的检验及故障诊断就显得非常重要，而且十分困难。如果都依靠专业人员去解决这些问题，不仅费时间不经济，而且对大量、多品种、更新很快的产品，这样作也是不大可能的。为了解决此类问题，出现了一种新型仪器-故障诊断仪 (Troubleshooter)。面向以计算机为主体的数字系统 (或智能仪器) 的故障诊断仪本身就是一台微计算机。它一般是通过特定的 (如与被检验系统的CPU相一致的) 适配器与被检验系统相联，在专用软件包的支持下进行故障诊断。它不仅可发现故障的性质及范围，有时还可精确地定位到故障元件。

由于微计算机的内存容量的不断增加,工作速度的不断增高,因而使其数据处理的能力有了极大的改善,这样就可把动态信号分析技术引入智能仪器之中。这些信号分析往往以数字滤波或FFT(快速富立叶变换)为主体,配之以各种不同的分析软件,如智能化的医学诊断及机器故障诊断仪等。这类仪器的进一步发挥就是专家系统,其社会效益及经济效益将是十分巨大的。

近20年来,智能仪器与微计算机取得令人瞩目的进展,就其技术背景而言,硬件的不断发展及创新不能不说是一个非常重要的因素。就仪器仪表的发展看,对以下几类硬件的发展应特别加以关注。

一、 $\mu P/\mu C$ (微处理器/微计算机)芯片

$\mu P/\mu C$ 为智能仪器的核心,它的选择将决定仪器的总体结构。目前我国智能仪器大多采用8位 μC 芯片8048/8051系列,并取得了很好的效益。8位 μC 属于微型控制器(Microcontroller),有很强的控制功能及中断响应能力,但对16位的数据处理能力就稍差于Z80等 μP 。因此,从在智能仪器中需要进行大量的运算角度看,Z80等仍有相当强的生命力,据美国Dataquest公司的1987年11月份统计及预测,Z80仍然是目前最成熟的8位机芯片,其销售量1986年占美国8位 μP 市场的41%,这个势头可能一直会延续到本世纪末。而且它也有了自己的换代产品(Zilog的Z180/Z280及日立的64180/647180等),它们无论在时钟频率、物理地址、中断响应能力、运算能力、通讯能力等方面都有了很大的提高,其应用日益广泛。16位 $\mu P/\mu C$ (如8086/88,8096等)由于其性能的优越,将有更广泛的应用前景。

二、IC(集成电路)的CMOS化

CMOS技术早在70年代就已提出,CMOS具有功耗更低、工作温度范围宽和抗干扰能力强等优点,但也有运行速度较慢、易受静电损伤等缺点,因此CMOS在应用中曾受到过很大的限制。进入80年代后,采用了“硅”门新技术取代了原来的“金属门”,使CMOS的速度与NMOS及PMOS基本相同。同时,采用输入保护电路有效地克服了受静电损坏的缺点,达到了实用化的阶段。如今LSI及VLSI的IC产品大多都有了与之相对应的CMOS产品,如80C85、80C51、80C86等等。一个全CMOS系统的功耗只是LSTTL系统功耗的1/8到1/10。因此仪器在CMOS化后可能改用干电池供电,其优点为:小型化,便携式,适于野外使用,抗干扰能力强,可以从根本上杜绝50Hz市电通过电源变压器引入的串模干扰。可采取密封结构以增强仪器的稳定性及可靠性。

采用CMOS化器件使NVRAM(非易失性RAM)的能力有了极大的提高。采用锂电池或镉镍电池为后备,可以支援一个64k $\times$ 8位的存储器使其数据至少保持240天,典型为976天(如7709型组件板),可以形成所谓的虚拟磁盘。这就可使智能仪器的掉电保护能力得到空前的加强。

三、DSP(Digital Signal Processon,数字信号处理)芯片

智能仪器在进行信号处理中常要进行一些如数字滤波、FFT、相关、卷积等复杂的运算,其共同特点是它们都是由迭代式的乘加运算所组成。如果用微机的软件来完成,

则运算时间较长,使仪器工作效率降低。如今VLSI已可制成 DSP 芯片专门从事这些运算。在我国已广泛采用美国TI (Texas Instrument) 仪器公司生产的TMS 320 系列DSP (NMOS或CMOS器件)。它由 16×16 乘法器、32位累加器及32位算术逻辑单元等组成,钟频5MHz,作一次16位乘法仅需200ns。我国有关单位已用它开发成功用于IBM-PC/XT微机上的插件模板,用它对1024点FFT复数运算时间为45ms。美国 Advanced Micro Devices (AMD) 公司的AMD 29500 16位双极型DSP同样完成上述运算仅需2ms。

四、ASIC (Application ecifie IC, 专用集成芯片) 芯片

长期以来IC芯片都是通用型的,如 $\mu P/\mu C$,各种存储器、各种逻辑元件、各种ADC及DAC等。用户只能根据手头拥有的芯片的功能去设计自己的产品。这是由生产水平所决定的,因为只有大量生产的芯片,其成本才可以降低,才会有好的经济效益。而由用户订制的ASIC,则由于成本太高而很难得到推广。近年来,由于LSI生产工艺的成熟,CAD技术的进步,加之许多业已成熟的IC芯片如 $\mu P/\mu C$,存储器,ADC等都可能用来充当ASIC的基础,使ASIC的经济效益日益提高,因此ASIC在VLSI 市场上的竞争已日趋激烈。有人预计90年代将是ASIC的年代,IC 市场将在很大程度上属于那些能够廉价而且迅速为用户提供定制ASIC的公司。这种局面一旦形成,将使电子产品(包括智能仪器)的结构更加紧凑,性能更加良好,保密性更强。

综上所述,十几年来智能仪器虽然有了很大的发展,但总的看来,人们还是较习惯于从硬件的角度做工作,这是由于设计者的(硬件)技术背景,LSI器件不断迅速更新的冲击以及在现阶段仪器硬件更新的裕量甚大等因素所造成的。这种趋势虽然仍会继续下去,但从智能仪器的内涵,从软件的角度上看,软件的作用还远未发挥出来,这里有许多领域等待着去开发。智能仪器最终必然会与人工智能联系起来创造出全新的仪器。从这个观点看,目前的智能仪器尚处于“幼年时期”。

§ 1-2 智能仪器的特点

一个内藏微计算机的智能仪器意味着计算机技术向仪器的移植,它所具有的软件功能已使仪器呈现出某种智能的(延伸、强化等)作用。这相对于过去传统的、纯硬件的仪器来说是一种新的突破,其发展潜力十分巨大,这已为70年代以来智能仪器发展的历史所证实。概括起来,智能仪器具有以下特点:

一、测量过程的软件控制

测量过程的软件控制原起于数字化仪器测量过程的时序控制。60年代末,数字化仪器的自动化程度已经很高,如可实现自稳零放大、自动极性判断、自动量程切换、自动报警、过载保护、非线性补偿、多功能测试、数百点巡回检测等等。但随着上述功能的增加,使硬件负担过重,结构越来越复杂,导致体积及重量增大、成本上升,给其进一步的发展造成很大困难。但当引入微计算机技术,使测量过程改用软件控制之后,上述困难即得到很好的解决,不仅简化了硬件结构、缩小了体积及功耗、提高了可靠性增加了

灵活性，而且使仪器的自动化程度更高，如实现简单人机对话、自检、自诊、自校准以及CRT显示及输出打印和制图等等。这就是人们常说的“以软(件)代硬(件)”的效果。

在进行软件控制时，仪器在CPU的指挥下，按照软件流程不断取指(令)、寻(地)址，进行各种转换、逻辑判断，驱动某一执行元件，完成一个动作，使仪器的工作按一定顺序进行下去。在这里，基本操作为以软件形式完成的逻辑转换，它与硬件的工作方式有很大的差异。操作中的每个步骤往往由若干指令组成，每条指令都需要有一定的执行时间，尽管很短，但较之硬件就慢得多。如对一个数求反，在组合逻辑上转换的时间就极短，可认为是瞬间完成，而在软件操作上，它就需要从存储器中取数，求反及送回存储器等几个过程，其执行时间一般都是微秒级的。但软件转换却带来很大的方便，其硬件组成是统一的不必象过去硬件逻辑中那样许多一一对应的专用电路，而且软件的灵活性很强，当需改变功能时，只改变程序即可，并不需要改变硬件。因此，灵活性强，但工作速度相对硬件逻辑要慢。这是软件控制的特点。这一特点，使它在一些要求速度很高的地方，如实时处理或实时控制等方面，应用受到限制。

二、数据处理

对测量数据进行存储及运算的数据处理功能是智能仪器最突出的特点，它主要表现在改善测量的精确度及对测量结果的再加工两个方面。

在提高测量精确度方面，大量的工作是对随机误差及系统误差进行处理。过去传统的方法是用手工的方法对测量结果进行事后处理，不仅工作量大，效率低，而且往往会受到一些主观因素的影响，使处理的结果不理想。在智能仪器中采用软件对测量结果进行及时地、在线地处理可收到很好的效果，不仅方便、快速，而且可以避免主观因素，使测量的精确度及处理结果的质量都大为提高。由于可以实现各种算法，不仅可实现各种误差的计算及补偿，而且使在测量仪器中常遇到的诸如非线性校准等问题也易于解决。

对测量结果的再加工，可使智能仪器提供更多高质量的信息量。例如一些信号分析仪器在微计算机的控制下，不仅可以实时采集信号的实际波形，并在CRT上复现在时间轴上进行展开或压缩，还可以对其有效值、平均值进行运算，可以寻找出其峰-峰值、最大值和最小值等特征量；可以对所采集的样本进行数字滤波，将淹没于干扰中的信号提取出来；也可以对样本进行时域的（如进行相关分析、求卷积、求传递函数等）或频域的（如求幅值谱、相位谱、功率谱等）分析。这样可以从原有的测量结果中提取更多的信息量。这类智能仪器在生物医疗仪、语音分析、模式识别和故障诊断等各个方面都有广泛的应用。

三、多功能化

智能仪器的测量过程、软件控制及数据处理功能使一机多用，或仪器的多功能化易于实现，成为这类仪器的又一特点。其例不胜枚举。例如，用于电力系统电能管理的一种智能化电力需求分析仪可以测量单相或三相电源的有功功率、无功功率、视在功率、电能、频率、各相电压、电流、功率因数等，还可测量出电能利用的峰值、峰时、谷

值、谷时及各项超界时间，可以预置用电量需求计划、自备时钟及日历，具有自动记录、打印、报警及控制等许多功能。这样多的功能如果不用微机控制，在一台仪器中是难以实现的。

四、灵活性强

以软件为主体的智能仪器不仅在使用方便、功能多样化等方面呈现很大的灵活性，而且在仪器的性能方面，由于其控制软件或运算软件易于修改，也是易于改变的。它不象传统的硬件仪器那样，每次功能或性能指标的改变都要牵扯到结构、元器件及重新调试方面的改变，是较为困难的。与纯硬件仪器相比，智能仪器的生产性及复制性均较好。

§ 1-3 智能仪器的基本结构

从智能仪器发展的状况来看，其基本结构可有两种类型，即微机内藏式及微机扩展式。微机内藏式即将单片或多片的微机芯片与仪器有机地结合在一起形成的单机。微机在其中起控制及数据处理等作用，其特点主要是向高性能、专用或多功能，小型化、便携或手持式干电池供电，密封、适应恶劣环境等方向发展。图1-1为其结构图。由图可见：

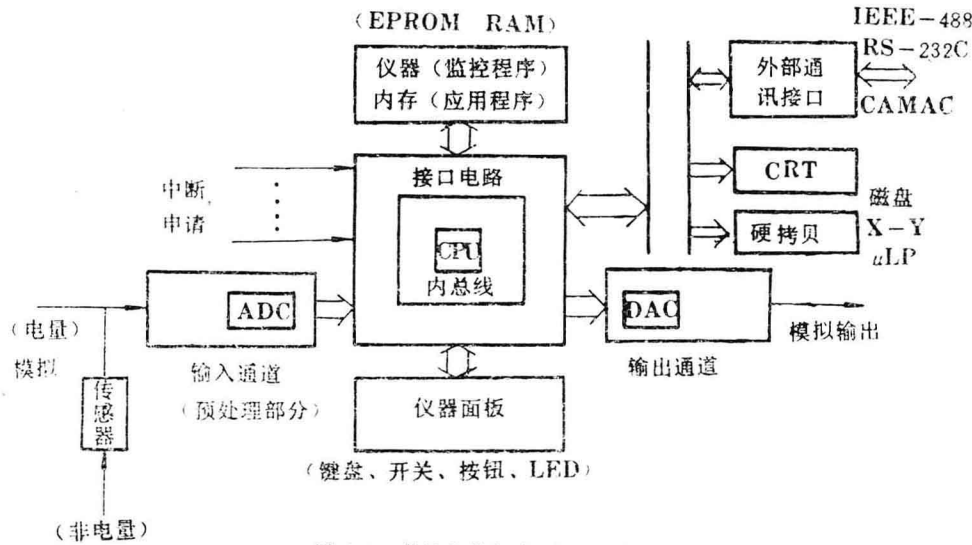


图 1-1 微机内藏式测量仪器的结构图

CPU为仪器的核心，它通过总线及接口电路与输入通道、输出通道、仪器面板及仪器内存相连。EPROM及RAM组成的仪器内存保存仪器所用的监控程序、应用程序及数据区。中断申请可使仪器能够灵活反应外部事件。仪器的输入信号要经过输入通道（预处理部分）才可以进入微机。输入通道包括输入放大器，抗混叠滤波器，多路转换器，采样/保持器，A/D转换器，三态缓冲器等各部分，它往往是决定仪器测量准确度的关键部位。在仪器的输出部分，如果要求模拟输出，则需经过输出通道，它包括D/A转换器、多路分配器、采样/保持器、低通滤波器等部分。仪器的数字输出可与CRT屏幕显

示器相接，也可与磁盘、磁卡、X-Y绘图仪或微型打印机(μ LP)相接以获得硬拷贝。外部通讯接口沟通本仪器与外系统的联系。

微机扩展式为以个人计算机(PC)为核心的应用扩展型测量仪器。由于PC的应用已十分普遍，其价格不断下降，因此从80年代起就开始给PC机配上不同的模拟通道，让它能够符合测量仪器的要求，并把它取名为个人计算机仪器(PCI)。PCI的优点为使用灵活，应用范围广泛，可以使仪器方便地利用PC已有的各种功能，如可以用CRT显示测量结果及绘图，十分方便地利用PC已有的磁盘、打印机及绘图仪等获取硬拷贝。更重要的是PC的数据处理功能强，内存容量远大于内藏式微机，因而PCI可以用于复杂的、高性能的信息处理。此外，还可以得利用PC机本身已有的各种软件PCI实际上已是计算机工作站的一部分，也是CAT的一种形式。图1-2所示为个人计算机仪器的结构图。与PCI相配的模拟通道有两种类型。一种是插板式，即将所配用的模拟量输入通道以印刷板的插板形式直接插入PC机箱内的空槽中，此法最方便。但空槽有限，很难有大的作为，因而发展了插件箱式。此法为将各种功能插件集中在一个专用的机箱中，机箱备有

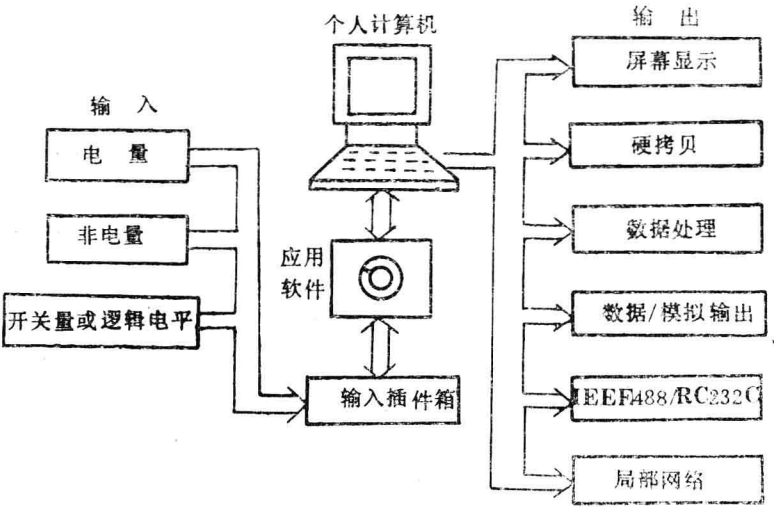


图 1-2 个人计算机仪器原理图

专用的电源，必要时也可有自己的微机控制器，这种结构适用于多通道、高速数据采集或一些特殊要求的仪器。有人设想，随着硬件的完善，标准化插件不断增多，如果能够实现硬件的模块（积木）化组合，则组成PCI的硬件工作量有可能减小，从计算机的角度来看，不同的测量仪器，其区别将只在于应用软件的不同。

在研究微计算机仪器的结构时，就要遇到总线问题。总线是微计算机中各种信息流进行交换或传输时的通道。在总线中通道都是分类安排的，如果分类都一致，而且在总线的机械结构的安排上也能相互协调，这将会对微机仪器之间的信息交换以及部件的互换性及兼容性带来莫大的好处，其经济效益是很高的。因此，在总线方面各种企业标准或国际标准正在不断发展，以适应多方面的需要。总线从应用上可分为外总线及内总线两大类。

一、外总线

外总线又称通讯总线，它用于微计算机仪器与外系统之间的通讯联系。目前所通用的标准有RS-232C，GP-IB，CAMAC等。

RS-232C是一种数据的ASCII码串行通讯标准，原为美国电子工业协会（EIA）的一个推荐标准，现已为国际上所通用。串行数据传输只需用一对信号线及少数控制线，结构最简单。适用于两台设备之间作一对一的双向或单向、同步或非同步的串行通讯。最大传输率为9600波特，传输距离为50呎，非TTL电平。

CAMAC（计算机自动测试及控制）系统最早是由欧洲核电子学标准化委员会提出的，后为IEEE（美国电气及电子工程师协会）及IEC（国际电工委员会）所承认成为国际标准。它适用于一些大的自动测试系统，如高能物理、核子工程、宇航、交通管理和工业自动化等方面。CAMAC是用于在线计算机的组件式数据处理系统，用以解决计算机和各功能单元组件（工作站），即各测量或控制用仪器装置之间的接口问题。CAMAC系统可简化数据处理系统及控制系统对计算机硬件及软件的要求。其主要特点是数据传输速率高，通用性及灵活性强，并具有不同设备之间的兼容性。我国上海仪器仪表研究所等单位已完成对CAMAC系统的开发。

GP-IB（通用接口总线）起源于自动测试系统，它是为各可编程的数字仪器之间提供的一种公共的接口总线标准，以简化自动测试系统的组合及操作。本标准最早于1972年由美国HP（Hewlett Packard）公司提出（HP-IB），1975年被IEEE承认（IEEE_488），1979年被IEC承认（IEC-625），1984年为我国机械工业部承认（ZBY207），并正式命名为“可编程测量仪器的接口系统”（字节串行，位并行）。GP-IB的应用十分广泛，一般的微计算机仪器中均带有GP-IB接口，以备与GP-IB总线相连组成各种自动测试系统，图1-3所示为GP-IB的接口能力及总线结构。它一共有16条信号线，其中数据总线8条用于双向数据（字节）传送或总线命令传送；数据传输控制总线有3条：DAV（数据有效）、NRFD（未准备好接收数据）和NDAC（数据未收到），它们用于握手功能以协调不同工作速度仪器之间的信息传输；管理总线有5条：IFC（接口消除）、ATN（注意）、SRQ（服务请求）、REN（远地工作）、EOI（结束或识别）。它们用于对总线上的仪器进行控制。GP-IB共有10种接口功能：T（讲）功能、L（听）功能、C（控）功能、SH（源握手）功能、AH（受者握手）功能、SR（服务请求）功能、PP（并行点名）功能、R/L（远地/本地）功能、DT（仪器触发）功能、DC（仪器清除）功能。这10种功能互相配合即可完成总线系统内各种信息传送的任务。图1-3中为由信号发生器（仪器C）向数字电压表（仪器B）提供信号，打印机（仪器D）记录数字电压表输出测量结果的自动测量系统。计算机（仪器A）为控者，用以控制B、C、D三台仪器，按GP-IB的规范协调地工作。图中所示诸仪器的听、说及控制功能是相对总线而言的。GP-IB具有如下的优点。

（1）仪器既可单独使用又可组成系统。仪器之间仅用专用导线互连，方便、灵活、费用低。

（2）兼容性好，适用于各类可编程仪器。

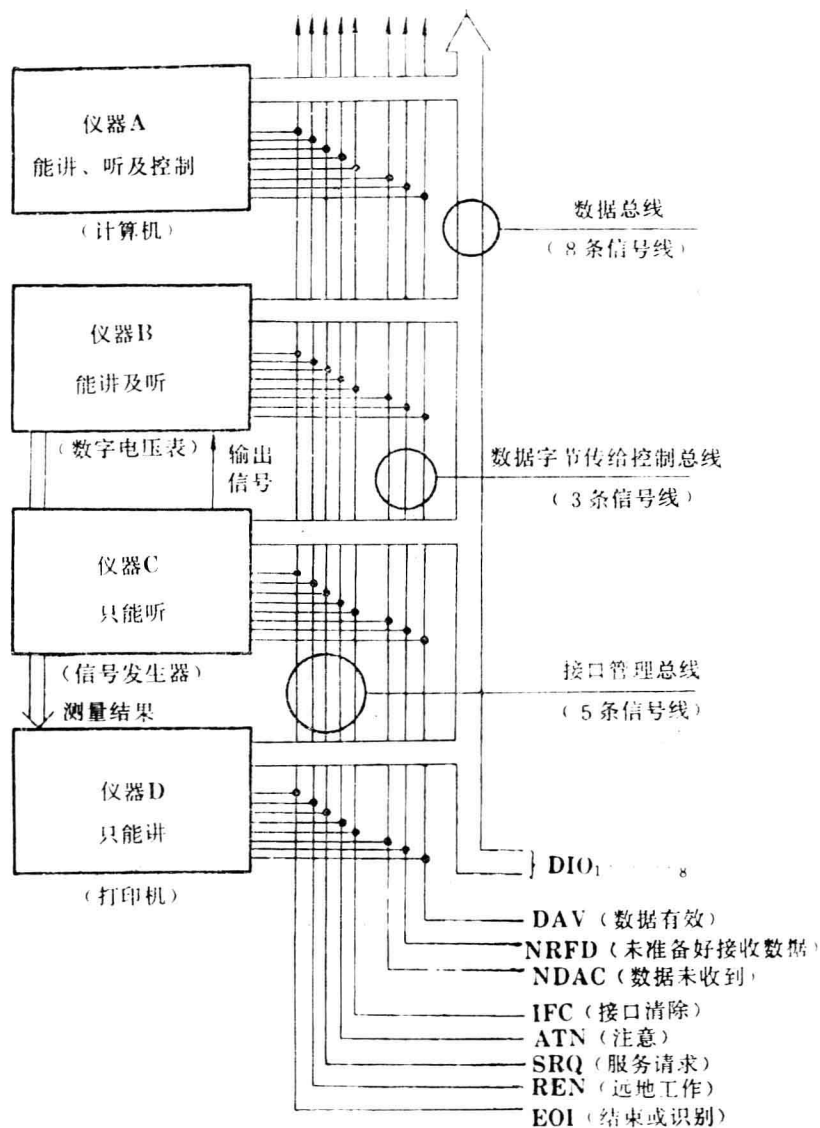


图 1-3 GP-IB接口能力及总线结构

(3) 可使数据作双向、异步、互锁地传送，广泛兼容不同速度的仪器。任何两台仪器也可直接传送数据而不必经过控制器。

(4) 如今在PC机上均可选配IEEE-488接口插件板及相应的 GP-IB 控制软件，使用方便。使用者需要对IEEE-488的总线的规范有必要的了解并有所需的软件技能。

二、内总线

内总线又称板级总线或系统总线，它是微机系统内部各印刷板插件之间的通讯通道。从功能上可分为数据总线、地址总线及控制总线三种，如图1-4所示。随着微机技术的日益发展，其应用的日益推广，总线的设置及标准逐渐完善起来。采用总线标准设计、生产的计算机模块（包括主机、内存、I/O、A/D等）兼容性很强。在机械