

145031

TM930.8  
4476

# 智能仪器

黄圣国 毛玉增 范跃祖 编著

航空工业出版社

1993

## 前 言

70年代以来,随着微型计算机的发展和广泛应用,在测试技术领域出现了突破传统概念的即内含微型计算机的仪器仪表。人们把这类仪器仪表称为“智能仪器”。

智能仪器是微型计算机与测试技术的有机结合,发展异常迅速。在传统测量和控制领域工作的广大科技人员面临着一次“知识更新”,而将献身于测量和控制科学技术的人员面临着一种“更新的知识”。尽快地熟悉和掌握智能仪器的设计、制造和使用,无疑将对我国仪器仪表工业的发展产生深远的影响。

编著者多年来在微型计算机与仪器的结合方面做了些微薄的工作。作为前段工作的总结,为促进专业的发展及同行间的交流,并满足我们教学的急需,特编写此书。

本书是以南京航空航天大学、西北工业大学的讲义“智能仪器”为基础,结合北航、南航、西工大对应专业的部分科研成果及研究生论文,并参考了许多国内外有关文献而撰写的。全书把如何以MCS-51单片机为核心来设计智能仪器作为主线,介绍了智能仪器的构成、工作原理及其硬件与软件的设计方法。具体有智能仪器发展概述;智能仪器中的微型计算机、输入/输出通道、接口技术;智能仪器的典型功能;智能仪器的抗干扰技术;监控主程序的设计;总线标准及其实现方法;智能仪器的设计与调试等九章。其内容新颖、联系实际,还提供了一些最新的科技成果和有实用价值的应用程序和电路。

南京航空航天大学黄圣国负责本书主编。参编人员除封面上署名的编著者——西北工业大学的毛玉增和北京航空航天大学的范跃祖外,还有北京航空航天大学的宁文茹和西北工业大学的李岁劳。其中黄圣国编写本书的第一、六、八、九章,毛玉增编写第四、七章,范跃祖编写第五章,宁文茹编写第二章,李岁劳编写第三章。

本书作为仪器仪表和机电一体化专业本科生的教材及有关专业研究生的教材或参考书,也可供从事智能仪器设计、制造和使用的有关工程技术人员参考。

限于编者水平,缺点、错误在所难免,恳请读者批评、指正。

东南大学沈永潮教授对本书进行了详尽的审阅,提出了许多宝贵意见,在此表示诚挚的谢意!

编者

1993年3月

# 目 录

<b>第一章 智能仪器的发展概述</b> .....	( 1 )
<b>第一节 智能仪器的特点</b> .....	( 1 )
一、智能仪器的定义 .....	( 1 )
二、智能仪器的特点 .....	( 1 )
<b>第二节 微型计算机对仪器发展的影响</b> .....	( 2 )
一、提高了仪器的测量精度 .....	( 3 )
二、能够自动校准 .....	( 3 )
三、具有修正误差的能力 .....	( 4 )
四、能够进行间接测量 .....	( 4 )
五、具有自检自校正能力 .....	( 5 )
六、能够实现复杂的控制功能 .....	( 5 )
七、允许灵活地改变仪器的功能 .....	( 5 )
八、便于通过标准总线组成一个多仪器的复杂控制系统 .....	( 6 )
九、智能仪器可实现专家系统技术 .....	( 6 )
<b>第三节 智能仪器的新发展</b> .....	( 6 )
一、智能化的自动检测系统 .....	( 6 )
二、增加人工智能能力的装置 .....	( 7 )
<b>第二章 微型计算机</b> .....	( 11 )
<b>第一节 单片微型计算机</b> .....	( 11 )
一、单片机简介 .....	( 11 )
二、MCS-51 系列单片机 .....	( 12 )
<b>第二节 MCS-51 单片机的硬件结构和指令系统</b> .....	( 13 )
一、MCS-51 单片机的片脚配置及内部结构 .....	( 13 )
二、单片机的存储空间 .....	( 16 )
三、MCS-51 单片机的指令系统 .....	( 20 )
四、MCS-51 单片机的低功耗操作方式 .....	( 26 )
<b>第三节 MCS-51 单片机的初始化设定</b> .....	( 27 )
一、并行口输入输出方向的设定 .....	( 27 )
二、定时器/计数器的设定 .....	( 29 )
三、串行接口的设定 .....	( 33 )
四、中断控制的设定 .....	( 37 )
<b>第四节 MCS-51 单片机的扩展技术</b> .....	( 41 )

一、程序存储器的扩展 .....	(41)
二、数据存储器的扩展 .....	(42)
三、扩展接口电路设计 .....	(44)
四、中断功能的扩展 .....	(46)
第五节 应用程序设计 .....	(46)
一、智能仪器的典型软件结构 .....	(46)
二、MCS-51 系统中的典型程序设计 .....	(48)
<b>第三章 输入输出通道</b> .....	<b>(58)</b>
第一节 概述 .....	(58)
第二节 数字量输入/输出通道 .....	(59)
一、数字量输入/输出通道 .....	(59)
二、数字信号调理电路 .....	(60)
第三节 模拟信号调理电路 .....	(61)
一、信号放大 .....	(61)
二、信号变换 .....	(64)
三、信号滤波 .....	(65)
第四节 D/A 转换器及其接口 .....	(66)
一、D/A 转换器 .....	(66)
二、D/A 转换器与 CPU 的接口 .....	(69)
第五节 A/D 转换器及其接口 .....	(71)
一、A/D 转换器 .....	(71)
二、A/D 转换器与 CPU 的接口 .....	(75)
第六节 采样/保持器和多路切换器 .....	(78)
一、采样/保持器 .....	(78)
二、模拟多路切换器 .....	(79)
第七节 模拟量输入/输出通道 .....	(81)
一、模拟量输入/输出通道基本结构 .....	(81)
二、模拟量输入/输出通道举例 .....	(83)
<b>第四章 智能仪器输入输出接口技术</b> .....	<b>(87)</b>
第一节 键盘接口输入 .....	(87)
一、键盘输入的特点 .....	(87)
二、键盘输入的处理 .....	(88)
三、非编码键盘 .....	(89)
四、编码键盘 .....	(92)
第二节 发光二极管(LED)显示器 .....	(94)
一、七段 LED 显示器 .....	(94)
二、点阵式 LED 显示器 .....	(97)
第三节 CRT 显示器 .....	(99)

一、荧光屏上显示字符的过程 .....	(99)
二、字符和图形显示格式 .....	(100)
<b>第四节 点阵针式打印机接口</b> .....	(103)
一、点阵针式打印原理 .....	(103)
二、点阵针式打印控制 .....	(104)
三、微型打印机应用实例 .....	(105)
<b>第五节 键盘显示器与 MCS-51 接口举例</b> .....	(111)
一、键盘显示器与 MCS-51 接口实例 .....	(111)
二、Intel 8279 接口芯片及其与 MCS-51 的接口实例 .....	(113)
<b>第六节 语音输入/输出</b> .....	(117)
一、语音输入 .....	(118)
二、语音输出 .....	(120)
三、语音接口举例 .....	(120)
<b>第五章 智能仪器的典型功能</b> .....	(123)
<b>第一节 智能仪器量程的自动选择</b> .....	(123)
一、量程自动选择的原理 .....	(123)
二、量程自动选择的基本方法 .....	(124)
<b>第二节 增益的自动转换</b> .....	(129)
一、模拟通道增益的自动转换 .....	(129)
二、数字通道增益的自动转换 .....	(129)
<b>第三节 零点漂移和增益的自校正</b> .....	(131)
一、智能仪器的自调零 .....	(132)
二、增益的自校正 .....	(133)
<b>第四节 被测信号的检测、监测与报警</b> .....	(135)
一、叠加平均原理 .....	(136)
二、Boxcar 平均器 .....	(137)
三、时域的多点平均 .....	(138)
四、参数上、下限监视与报警 .....	(140)
<b>第五节 测量数据的处理与分析</b> .....	(142)
一、数字信号处理概述 .....	(142)
二、线性化处理 .....	(143)
三、动态处理 .....	(147)
四、随机信号处理 .....	(151)
<b>第六节 智能仪器的自诊断和容错技术</b> .....	(155)
一、可靠性的定义与定量表示 .....	(155)
二、容错技术 .....	(158)
三、自检和故障诊断 .....	(164)
<b>第七节 测量过程自动化和实时控制</b> .....	(167)

一、测量过程自动化 .....	(167)
二、实时控制 .....	(169)
<b>第六章 智能仪器的抗干扰技术</b> .....	(171)
<b>第一节 干扰的产生与耦合</b> .....	(171)
一、干扰源 .....	(171)
二、干扰窜入的途径 .....	(171)
<b>第二节 抗干扰措施</b> .....	(173)
一、共模干扰与串模干扰 .....	(173)
二、干扰的抑制 .....	(174)
<b>第三节 硬件电路及软件的抗干扰设计</b> .....	(179)
一、印刷电路板及电路的抗干扰设计 .....	(179)
二、软件的抗干扰设计 .....	(181)
<b>第七章 监控主程序的设计</b> .....	(185)
<b>第一节 概述</b> .....	(185)
<b>第二节 转移表法</b> .....	(185)
一、单转移表法 .....	(185)
二、多转移表法 .....	(188)
<b>第三节 状态变量法</b> .....	(190)
一、状态与状态矩阵 .....	(190)
二、状态变量法设计步骤 .....	(191)
三、状态变量法监控主程序设计简例 .....	(195)
<b>第八章 总线标准及实现方法</b> .....	(198)
<b>第一节 概述</b> .....	(198)
一、内总线与外总线 .....	(198)
二、并行总线与串行总线 .....	(198)
三、总线的作用 .....	(198)
<b>第二节 八位微机 STD 总线</b> .....	(199)
一、STD 总线规范 .....	(199)
二、STD 总线中断系统设计 .....	(204)
三、STD 总线 I/O 地址选择设计 .....	(205)
四、STD 总线靠挂的微处理器 .....	(206)
<b>第三节 EIA-RS-232C 串行接口总线</b> .....	(206)
一、串行通信的基本概念与技术 .....	(207)
二、总线描述 .....	(210)
三、RS-232C 标准接口的系统连接 .....	(212)
四、RS-232C 接口实现方法 .....	(213)
五、RS-422A、RS-423A 及 RS-449 接口 .....	(215)
六、20mA 电流环路串行接口 .....	(217)

第四节	IEC-625 通用接口总线 .....	(218)
一、	IEC-625 总线产生及其发展 .....	(218)
二、	接口功能要素 .....	(218)
三、	总线描述 .....	(219)
四、	接口信号线功能 .....	(221)
五、	数据传送的三线互锁联络 .....	(222)
六、	接口基本功能 .....	(223)
七、	设备地址与听、讲地址 .....	(226)
八、	命令和数据 .....	(226)
九、	设备信息的代码与格式 .....	(228)
十、	IEC-625 总线接口芯片 .....	(231)
十一、	用软件实现总线控制 .....	(231)
<b>第九章</b>	<b>智能仪器的设计与调试</b> .....	(233)
第一节	智能仪器设计前的准备 .....	(233)
一、	编写设计任务书 .....	(233)
二、	微型计算机机型的选择 .....	(233)
第二节	智能仪器的研制步骤 .....	(235)
一、	硬件和软件的划分 .....	(235)
二、	硬件设计 .....	(236)
三、	软件设计 .....	(236)
第三节	软件和硬件的综合调试 .....	(238)
一、	概述 .....	(238)
二、	在 ICE-5100/252 上的软件开发及硬件、软件综合调试 .....	(239)
三、	在 DSG-51 上的软件开发和软、硬件综合调试 .....	(241)
第四节	智能仪器的设计实例 .....	(243)
一、	概述 .....	(243)
二、	颜色识别装置的结构设计 .....	(244)
三、	系统的功能设计 .....	(251)
四、	系统软件设计 .....	(254)
<b>参考文献</b>	.....	(257)

# 第一章 智能仪器的发展概述

近代电子技术与计算机的发展和普及应用,促使仪器(下文“仪器”这一术语泛指仪器和仪表)这个技术领域发生了变革性的进步,产生了新一代仪器——智能仪器。本章将介绍智能仪器的特点、微型计算机对仪器的影响以及智能仪器的发展趋势。

## 第一节 智能仪器的特点

### 一、智能仪器的定义

回顾一下仪器仪表的发展史,大家都知道,第一代的仪器仪表是指针式的仪表,如实验室中至今还在使用的万用表、电压表、电流表、功率表及晶体管电压表等等。这些仪表的基本结构是电磁式的,基于电磁测量原理使用指针来显示最终测量值。第二代的仪器仪表是数字式的仪表,这类仪表适用于快速响应和高精度的要求。目前,这类仪表很普及,如数字电压表、数字功率计、数字频率计等等。这类仪表的基本原理是将模拟信号的测量转化为数字信号测量,并以数字显示或打印最终结果。第三代的测量仪表就是本书要介绍的智能仪器。什么是智能仪器?至今尚无确切定义。从字面上说,所谓智能意味着仪器中包含有一部分脑力劳动。雷达、汽车、飞机等等现代化设备都只是人眼、腿等五官或四肢的延伸,而不是取代人类大脑的某部分功能,因而不属于智能设备。四则运算、命令识别等是智慧劳动。而问题求解、定理证明、自然语言理解、对答系统等则是更高层次的智慧劳动。然而,至今智能仪器中所具有的人工智能并不很多,特别是视觉(图形及颜色判读)、听觉(语音辨别及语音的领悟)、思维(推理、判断、学习、联想)等方面的能力仍十分有限,因此,所谓智能仪器是用以形容新一代测量仪器。这类仪器仪表中含有微处理器、单片计算机或体积很小的微型机,有时亦称为内含微处理器的仪器或基于微型机的仪器。这类仪器,因为功能丰富又很灵巧,国外书刊中常简称为智能仪器。本书引用智能仪器这个名称。

### 二、智能仪器的特点

智能仪器的定义表明,当前的智能仪器是一类微计算机化的测量仪器,具有以下两个特点。

#### (一)智能仪器的基本组成具有典型的计算机结构

在物理结构上,微型计算机内含于测量仪器。微处理器及其支持部件是整个测试电路的一个组成部分;但是,从计算机的观点来看,测试电路与键盘、GPIB接口、显示器等部件一样,仅是计算机的一种外围设备。智能仪器的基本组成如图 1-1 所示。

显然,这是典型的计算机结构,与一般计算机的差别在于它多了一个“专用的外围设备”——测试电路。同时,差别还在于它与外界的通信通常都通过 GPIB 接口进行。既然智能仪器具有计算机结构,因此,它的工作和计算机相近,而与传统的测量仪器差别较大。微处理器是整个智能仪器的核心,固化在只读存储器内的程序是仪器的“灵魂”。系统采用总线结



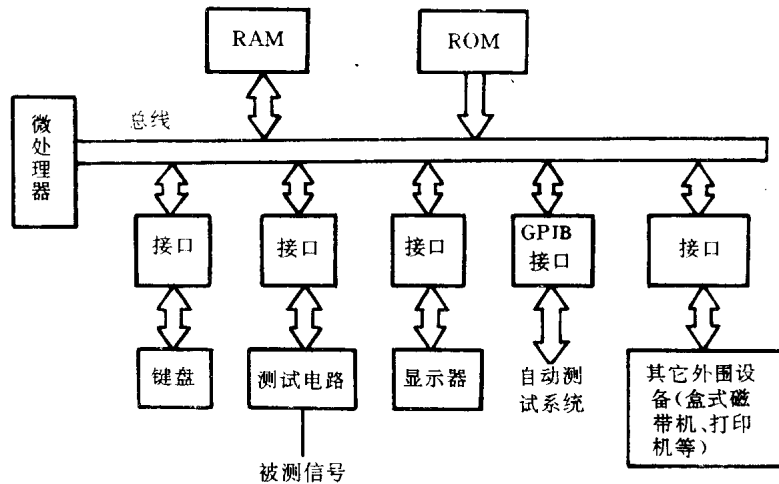


图 1-1 智能仪器的基本组成

构,所有外围设备(包括测试电路)和存储器都挂在总线上,微处理器按地址对它们进行访问。微处理器接收来自键盘或 GPIB 接口命令,解释并执行这些命令,诸如发出一个控制信号到某个电路或者进行某种数据处理等。既然测试电路是微型计算机的外围设备之一,因而,在硬件上它们之间必然有某种形式的接口,从简单的三态门、译码器、A/D 和 D/A 转换器到程控接口等。微处理器通过接口发出各种控制信息给测试电路,以规定功能、启动测量、改变工作方式等,通过查询测试电路的输入信息或向微处理器提出的中断请求,使微处理器及时了解测试电路的工作情况。当测试电路完成一次测量后,微处理器读取测量数据,进行必要的加工、计算、变换等处理,最后以各种方式输出,如送到显示器显示、打印机打印或送给系统的主控制器等。

### (二)具有两种基本工作方式

智能仪器有本地和遥控(远地)两种工作方式。

在本地工作方式时,用户按面板上的键盘向仪器发布各种命令,指示仪器完成各种功能。仪器的控制作用由内含的微处理器统一指挥和操纵。

在遥控工作方式时,用户通过外部的微型机来指挥控制仪器,外部微型机通过接口总线 GPIB 向仪表发送命令和数据。仪器根据这些送来的命令完成各种功能。这时,面板的键盘将不起作用。在有多台仪器的大测试系统中,这种方式十分有用,便于构成自动检测系统。系统连接的仪器可多达十几台,整个传输范围可达近 20m。图 1-2 给出了多台仪器的连接框图。

## 第二节 微型计算机对仪器发展的影响

本世纪 70 年代初期,随着大规模集成电路(LSI)制造技术的发展,发明了微处理器芯片。微处理器的优异性能引起仪器专家的极大兴趣。在微处理器芯片问世 3 年后,美国开始

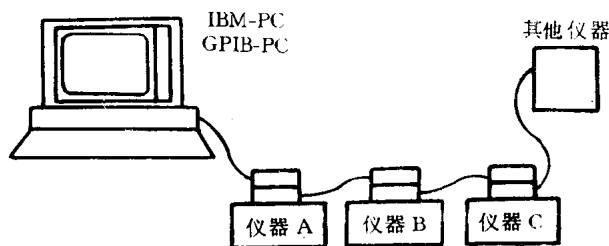


图 1-2 多台仪器的连接

有配备微型计算机的分析仪器产品出售,例如 HP5830A 色谱仪。其后,仪器和控制系统的微型计算机应用空前活跃起来。目前可以说,新的测量技术几乎没有不考虑采用微处理器的。据美国商务部《1979 年美国工业展望》提供的数据表明,从 1957 年起美国测量控制仪表、光学及分析仪器平均每年以 20% 的速度增长,而微处理器和微型计算机在仪器中的应用以每年 35% 的速度递增。

为什么微型计算机给予仪器的发展以如此巨大的活力呢?这是由于微型计算机除了具有计算机的运算、判断、记忆、控制功能之外,还具有功耗低、体积小、可靠性高、价廉等特点。近几年来软件技术的开发,更为智能仪器的发展创造了良好的条件。

智能仪器与第一代、第二代仪器仪表相比,具有以下几个方面的优点,这是由微计算机引起的仪器仪表的变革。

### 一、提高了仪器的测量精度

智能仪器的核心是微型计算机。微机的主频在 1MHz 以上,即主时钟周期在  $1\mu\text{s}$  以下。一条指令若平均为 4 个字节,也只需执行大约十几微秒的时间。如果 A/D 变换为几十微秒,这样取一个模拟量的数值进入存储器所需时间在 1ms 以下。亦即在 1s 内,至少可对一个模拟量进行 1000 次测量。利用这一点可以进行快速多次重复测量,然后求平均值。这就可以排除一些偶然的干扰与误差。

例如,有一种智能测距仪,它利用红外光束到达目标经反射回来的时间来计算仪器与目标之间的距离。它能在 1s 内进行 2000 次测量,并将这种测量的标准偏差与一个预先规定的界限相比较,其结果可以使长达 1 英里距离的测量误差不超过 1 英寸。如果标准偏差能够满足要求,则该仪器计算并显示平均距离。如果结果不满足要求,该仪器可以将测量的总次数加倍,并用一个与此测量次数相适应的新的界限值来检验标准偏差,看其是否能达到仪器的精度指标。即借助将测量次数加倍的方法来不断试验是否达到了可以接受的标准偏差。测量次数最多可达 32000 次,而所需要的时间不超过 21s。

### 二、能够自动校准

一般仪器在使用前都要进行刻度校准。例如 PZ<sub>3</sub> 数字电压表要进行 0V 和 1V 校准,以保证测量显示数字的正确性。1V 的校准采用一个标准电池 1.0186V 校准,0V 的校准采用接地。但是,在使用中,随着仪表温度升高,元件的参数往往会发生变化,还有诸如电网干扰、噪声等因素的影响,原来校准好的状态会受到破坏,导致前后测量的数据不一致。

智能仪器不仅可以自动校准,还可以在测量过程中定期校准。这样测量的一致性条件校

好,减少了误差。图 1-3 给出了自动校准的示意图。该测量电路周期地、自动地从传感器输入切换到两个标准输入(其中一个是零值,另一个是满度值)之一。测量的结果被存储起来。然后,对传感器输入信号进行测量。测量的结果都可以用上面校准时测得的误差进行校准(扣除误差)。图中的切换开关用 CMOS 多路开关,微机通过接口输出线连到多路开关,用软件编程就可以控制多路开关的切换。

市场上的“智能磅秤”就有上述类似的功能。售货员先在秤盘上安放一个容器,并按下“皮重”按钮,微型机使该状态的重量指示为零,以后进行的各次秤量就都用这种随机的零基准来计算重量并显示出来。

### 三、具有修正误差的能力

实时地修正测量值误差是较为复杂的功能。要清除影响仪器精度的“零漂”、传感器的非线性特性、环境因素的变化等等,是常规仪器设计中感到棘手的问题。智能仪器能利用微处理器的运算和逻辑判断能力,按照一定的算法,以清除诸因素对仪器精度的影响,减小仪器的误差。例如,美国 FLUKE 公司生产的直流电压标准器,1975 年的代表性产品为 332A,其精度为 50ppm( $10^{-6}$ );到 1983 年,此产品改型为 5440A,内部加了三个微处理器,其短期稳定性达到 1ppm,线性度达到 0.5ppm。显然,仪器的测量误差有较大程度的修正。

### 四、能够进行间接测量

一台智能仪器,利用内含的微处理器,可以通过测量几种容易测量的参数间接地求出某种难以测量的参数。例如,一台用于体育竞赛(如掷铁饼)项目中测量距离的仪器,倘若从第三点去测量两点间的距离,就很方便。如图 1-4 所示,将一个轴角编码器和一台上述的测距仪联合使用,对于一点  $P_1$  能够测得距离  $D_1$  和相对于任意基准线的角度  $\theta_1$ ,并将测量的结果存储在仪器的存储器中;再测量另一点  $P_2$ 。然后根据测量到的新测量值  $D_2$ 、 $\theta_2$  和存储器中的  $D_1$ 、 $\theta_1$ ,应用“余弦定理”求出所需的  $D_3$  来。

再如电导和电阻的测量。有一些电桥被设计用来测量电导。测电阻时它采用电流测量的方法,把这些测量值用一个十分精密的模拟电路转换为电阻值。因而,仪器的成本亦较高。而在智能电桥中当已知电导时,只需求出电导的倒数就可以得到电阻值了。这对具有运算功能的仪表来说,用软件实现是十分简单的。同样,频率与周期互为倒数,也可以照此处理。

### 五、具有自检自诊断的能力

智能仪器如果发生了故障,可以自检出来。仪器本身还能协助诊断发生故障的根源。在

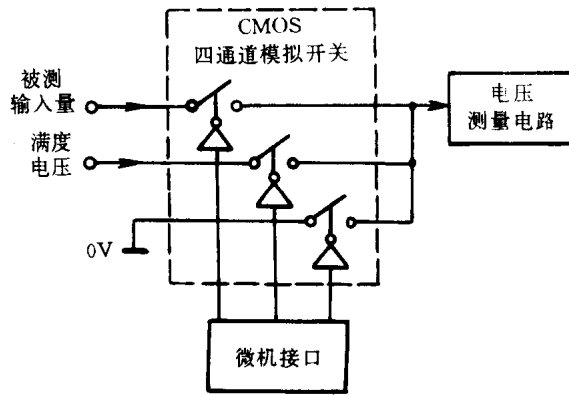


图 1-3 电压输入自动校正

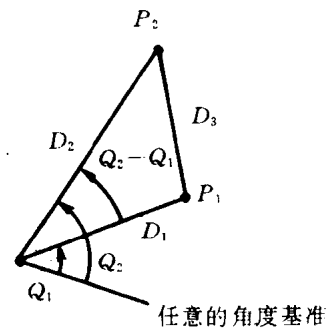


图 1-4 距离的间接测量

4-P-1A

自诊断过程中,程序的核心是把被检测各功能部件上的输出信号与正确的额定信号进行比较,发现不正确的信号就以明显的警报形式提供给使用者。如智能集成电路测试仪就能够处理集成电路测试中存在的三个出错变量(它们来自测试仪)。仪器通过一个由光电卡片阅读器读入的程序来测试组件。每次装入程序后,在测试集成电路组件之前,测试仪先执行一段自检程序,对其本身及对程序数据进行测试,然后再测试组件。这样就可以分清楚是仪器本身的毛病还是组件的毛病。

智能仪器的自检不单在一开始启动时进行,而且可以在仪器运行过程中同步地进行。在运行过程中,自检例行程序也在被执行,若发现仪器出现故障,面板指示灯就会闪光,从而通知使用者。

### 六、能实现复杂的控制功能

仪器中装入微型机实现智能化以后,一些常规仪器不易实现的功能,在智能仪器中就很容易实现。

例如,目前的打印机速度慢,打印一行后回车占用了许多时间。如果采用查询方式传送打印,则 CPU 要等待很长一段时间。智能化的打印机由于内部都有存储器,可以将要打印的数据先快速存储和排序变换,使打印机先从左向右打一行,然后从右向左打印下一行,这就提高了速度。

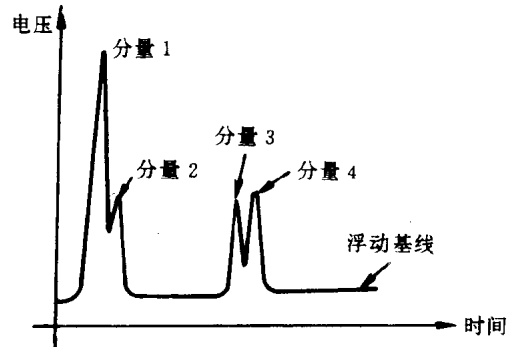


图 1-5 气体摄谱仪的输出曲线

有的智能仪器采用了现代化的数据压缩技术,可以向用户提供他所需要的数据,而不是直接产生的数据。例如,气相或液相色谱仪利用对复杂化学混合物进行色层分离的方法来测定样品中存在的每一种化学成分的含量时,该仪器的输出以电压随时间变化的形式表示出来,如图 1-5 所示。该波形所含的定量信息是此曲线每个峰值下的面积。然而,基线是浮动的,会产生一个峰叠在另一个峰(如分量 1 叠在分量 2)的上面,或者两个峰混合在一起(如分量 3 和分量 4),使得取出这种定量信息变得复杂起来。这种色谱仪可以精确地、自动地计算出这些面积,并为每个峰打印出相应的时间和面积的值。

### 七、允许灵活地改变仪器的功能

智能仪器可以构成方便的硬件模块和软件模块结构。STD 工业总线是可利用的硬件模块化的技术规范。该规范对小尺寸模板与大规模集成电路技术相结合的微处理器总线标准给出定义。从而创造了一种按功能分模块的概念,对智能仪器的系统设计提供了新途径。标准板的尺寸,连接器和引出脚都可与具有公共总线的母板插接,这就使任何一块模板插入任何一个插槽都能工作。当我们插入一块模板或更换一块模板时,仪器的功能就可以改变。同样,通过改变软件模块,例如修改或更换微型机的监控程序而硬件不作改动,各按键所具有的功能也跟着改变,或达到一键双用、三用等等。只要 ROM 容量足够大,配上解释程序还可以实现仪器自己的语言,而硬件保持不变。

计算机的智能终端也可以看成一种智能仪器,它具有很大的灵活性,目前正在迅速地发

展和完善。

#### 八、便于通过标准总线组成一个多仪器的复杂控制系统

自从国际上制定了串行总线(例如 RS232-C 标准接口、RS422 接口)和并行总线(例如 IEEE-488 总线(PG. IB)标准或称为 IEC625 总线标准)的规约之后,智能仪器与其他数字式仪器可以方便地实现互连。这样,可以灵活地将若干台仪器组合起来,共同完成一项特定的测量任务。或者把许多仪器挂在总线上,形成一个复杂的控制系统。这对于对大批量生产的流水线进行质量监督是极为重要的。

#### 九、智能仪器可实现专家系统技术

智能仪器的设计师并不满足于上述几种变革。他们正在寻求“高级的智能”,迈入人工智能的领域,不仅使仪器能精确地测量各种参数,而且可以帮助人们思考,解决专家才能解决的问题。例如在分析仪器的质谱仪中,用专家系统技术来确定被分析样品的化学结构。美国 Finnigan-MAT 公司生产的 MAT331 高分辨质谱仪,系统内包含 3.3 万张质谱图。该系统像一个熟练的化学家一样,对实验质谱图进行分析,从而找出五种可能的候选结构(目前使用的计算机仍为小型计算机)。

### 第三节 智能仪器的新发展

仪器科学的发展与近代科学技术的进步密切相关。尤其是微电子技术和计算机技术对仪器科学有着巨大的影响。

作为仪器的敏感部分的传感器正在受着微电子技术的影响,不断变迁。据英国麦金托什咨询公司所做的统计表明:传感器专业制造厂中,半导体制造厂所占的比例从 1980 年的 7% 上升到 1986 年的 28%。传感器正在朝着小型、固态、多功能、集成化方向发展。如美国 Honeywell 公司 1983 年推出的新型固态传感器 DSTJ-3000,在一块芯片中同时扩散集成了差压、静压、温度三个传感器,使差压传感器具有温度、压力补偿功能,精度达到  $\pm 0.2\%$ 。目前许多国家正在研究将微处理器与传感器集成于一体,构成超小型、多功能、廉价测量仪器的主体。

随着芯片价格的大幅度下跌,在一台仪器中使用单个微处理器(CPU)的观念正在被打破,多个 CPU 协作工作可使仪器具有更加优异的性能。

由计算技术和通信技术相结合而发展的计算机网络,也将渗透到仪器中。

总之,测量控制技术、计算技术和通信技术构成信息技术的三大支柱。它们彼此渗透,相互推动,发展之神速令人眼花缭乱。要对它们的发展做出准确估计是困难的。下面只就两个趋势略加叙述。

#### 一、智能化的自动检测系统

智能化自动检测系统有两种形式:

(一)把微处理机放入仪器内部,通过内部接口把测试部件与计算机连接起来,而多台智能仪器又通过 GPIB 接口总线与外部计算机相连接而组成自动测试系统。

(二)由一台微型计算机系统控制多个仪器插件,相互通过计算机系统总线连接。在这样的系统中,每个测试功能不是由整机而是由插件完成的。每个插件毋需智能仪器所需的微处

理器、显示器、键盘、机箱等部件,因而成本大大降低,使用方便,而且各个仪器插件相互之间可进行实时的交互作用。这种仪器系统有人称之为“个人仪器”。

## 二、增加人工智能能力的装置

### (一)语音接口和语音识别装置

语音的合成技术是把语音保存起来,可归为三类:波形数字化法、分析合成法和音素法。语音识别技术是进行语音分析,确定语音的起点和终点,再用数学的方法将其特征变数抽取出来,建立样模,然后将被识别的语音和样模作比较,识别出语音。语音识别技术也可以归类为三种:频谱函数法(即频谱图对比法)、测距比较法和隐藏式马可卡模式法。

#### 1、语音接口

语音接口指的是,近年来随着集成电路芯片技术的发展,出现了一些语音电路集成芯片,其功能包括语音分析、存储、再生、合成、识别等。这些芯片在智能仪器中可作为一个新型的人机对话接口。例如 UM5100、UM5101 语音处理器, T6668 语音处理器, TC8830F 语音处理器等等。

#### 2、语音识别装置

语音识别装置是人工实现人的语音听取功能的装置。按其技术的难易程度可分为如图 1-6 所示的几个阶段。首先,可以根据对象语的大小分为数百个单词以下的限定单词识别装置和数千个单词以上任意词识别装置两大类。其中达到实用化阶段的还只是限定单词的识别装置,任意词语音识别装置除了单音节识别装置开始成品化之外,其余还处于基础研究阶段。

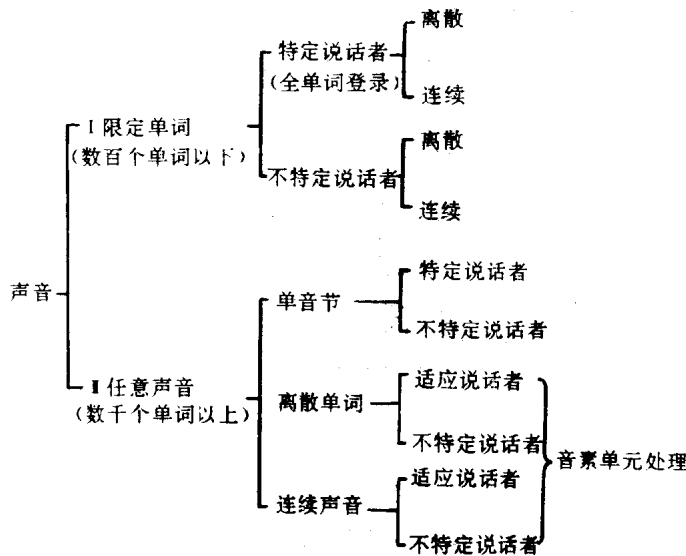


图 1-6 语音识别装置的分类

限定单词的语音识别装置又分为指定特定说话者用的和不指定特定说话者用的两类。指定特定说话者用的语音识别装置结构如图 1-7 所示,用登录模型进行单词标准图谱

的登录,然后根据和标准图谱的类似度计算,识别输入声音。

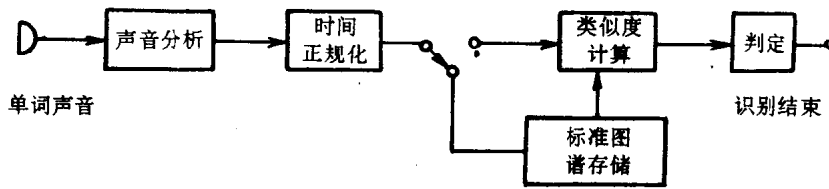


图 1-7 根据图谱类似度法的单语音识别系统

下面以 DP-100 语音识别装置为例作简单介绍。

DP-100 语音识别装置的工作原理是根据动态规划法的时间正规法。该装置可以识别连续发音的单词,它有两通道的输入装置,采用位片式元件构成的高速微计算机和输入/输出控制用的 8 位微处理机系统,结构框图如图 1-8 所示。它由识别装置的主体、二通道输入用的远隔操作器和二组表示器组成。另外还与某一任选设备(可以是微型打印机、软盘或盒式磁带)相联系。

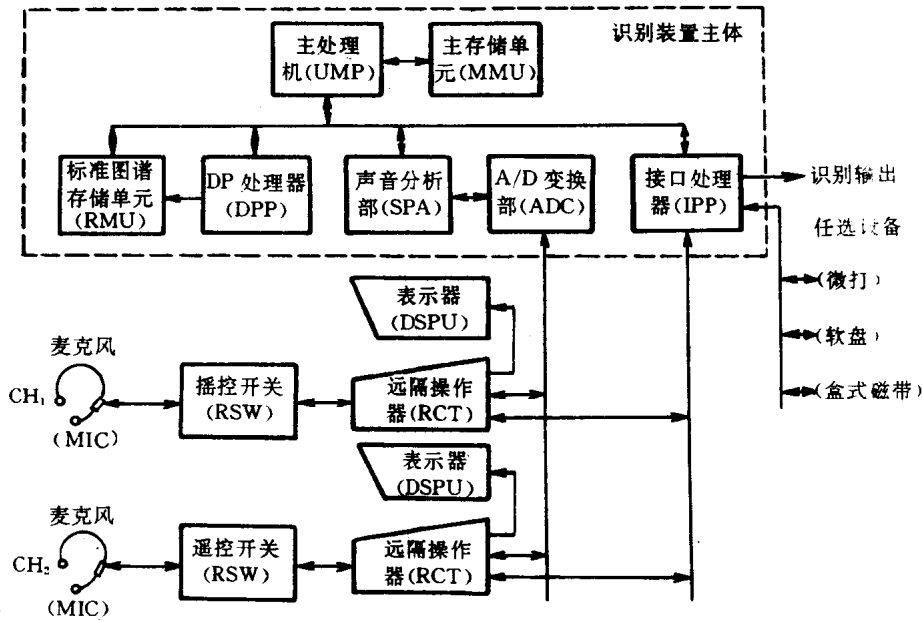


图 1-8 DP-100 的结构图

识别装置的主体由 A/D 转换器(ADC)、声音分析器(SPA)、主处理机(UMP)、主存储单元(MMU)、类似度处理器(DPP)、标准图谱存储单元(RMU)和接口处理器(IFP)组成。

语音信号由麦克风拾取,经过远隔操作器送到 ADC。ADC 把语音信号以 12 位的精度进行变换,并输出给 SPA。SPA 以 18ms 的帧周期根据二系统 16 通道的数字滤波器对 ADC 的输入数字化语音信号进行向量分析,分析的频带为 120~5900Hz。分析的结果输出给 UMP。UMP 是采用位片式处理器 2901 的 16 位通用处理机,根据 MMU 上的识别程序的执行而读入从 SPA 来的图谱,检出语音区间,登录标准图谱,进行 DPP 的控制,进行二级类似

的第二级 DP 处理以及识别的最终判定。DPP 是专用的处理机,用于单词的 DP 图谱的高速计算,并把输入图谱和 RMU 的标准图谱之间计算的类似度结果输出给 UMP。IFP 是控制输入/输出的处理器,采用 8 位的通用处理器 8080,由它进行 CRT、外围设备以及识别输出接口控制,进行整个装置的初始化等控制。

## (二)颜色识别装置

颜色是人类通过眼睛对客观物体外表特性的一种感受。众多对这一特征的研究结果表明,颜色同进入人眼的光谱分布有关,人眼对不同波长的光有不同的响应和感受:在可见光的范围内,波长较长的光在人眼中产生红色感觉,波长较短的光产生蓝色的感觉,而中间波长的光则产生绿色的感觉。可以证明,任何一种颜色,包括可见光谱的全部颜色都能用红(R)、绿(G)、蓝(B)三基色相加混合出来。也就是说,各种颜色光都可以分解成红、绿、蓝三种基本色光。例如,黄色光含有的 R、G 的成分几乎是 50:50 的比率,B 的成分几乎等于零。正是基于这一特性,测量被测对象物的颜色,就可通过测量其所包含的 R、G、B 成分各自所占的比例识别出来。国际照明委员会(CIE)根据这一领域学者的研究成果,统一规定用三刺激值来表示各种颜色的方法,其中

$$\begin{cases} X = K \int_{380}^{780} \Phi(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda \\ Y = K \int_{380}^{780} \Phi(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \\ Z = K \int_{380}^{780} \Phi(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda \end{cases} \quad (1-1)$$

式中 380~780nm 是可见光波长范围 (nm 为长度单位,  $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ );  $K$  是常数;  $\Phi(\lambda)$  表示进入人眼内的光的光谱功率分布,  $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$  这三个函数规定为观察者颜色匹配特性,称为 CIE1931 标准色度观察者光谱三刺激值函数,如图 1-9 所示。

由于  $\Phi(\lambda)$  是可测量的客观物理量,因而通过光谱三刺激值函数  $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$  就可以得到三刺激值。

在一般颜色识别系统中,不直接用三基色(红、绿、蓝)数量(即 R、G、B 三刺激值)来表示颜色,而用三基色各自在 R、G、B 总量中的相对比值  $x$ 、 $y$ 、 $Y_0$ 。——色度坐标表示颜色。 $x$ 、 $y$  分别为

$$\begin{cases} x = \frac{X}{X + Y + Z} \\ y = \frac{Y}{X + Y + Z} \end{cases} \quad (1-2)$$

$Y_0$  表示亮度。

对于式(1-2)利用图 1-9 及颜色相加原理,一个任意光源的三刺激值应等于匹配该光源

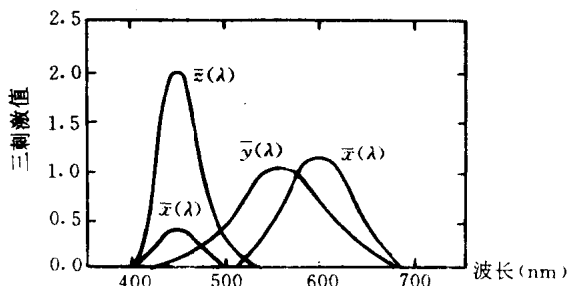


图 1-9 光谱三刺激值  $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$



各波长光谱色的三刺激值之和,可以得到

$$\begin{cases} X = K_r R_r + K_b B \\ Y = G \\ Z = K_b B \end{cases} \quad (1-3)$$

式中  $K_r, K_b, K_B$  均为转换常数,  $R, G, B$  为光电传感器输出值(定标后的微机输出结果)。

式(1-3)给测量计算带来了极大的方便,颜色识别装置就是用该式计算色度坐标的。

对物体颜色的定义是基于光的颜色来定义的,即某物体在白光照射下,其反射光的颜色就是该物体的颜色。

颜色识别装置的工作原理如下:

将标准白光以规定的入射角照射到对象物上,其反射光进入光电传感器(例如非晶硅光传感器)。红、绿、蓝三个光电传感器分别感受反射光中的红、绿、蓝成分,并转换成和红、绿、蓝光光强成正比的电流信号。三个电流信号经 I-V 变换器变成三个电压信号。电压信号经放大、A/D 转换,再送入微计算机进行一系列分析和数据处理(按国际照明委员会规定的标准)得出 R、G、B 三基色所占比例,即待识别的色度坐标。最后,在显示器上显示结果或在其它的输出设备上输出结果。

SHC-3047 颜色识别装置的工作原理如上所述,其结构框图如图 1-10 所示。

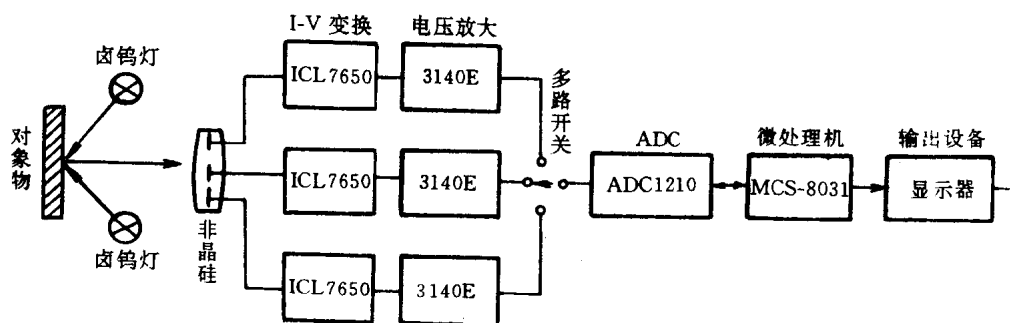


图 1-10 颜色识别装置原理框图

关于 SHC-3047 颜色识别装置的更详介绍是本书第九章内容的一部分,请参阅该章。

### 思考题与习题

- 1-1 智能仪器指的是哪一类仪器仪表,具有什么特点?
- 1-2 微型计算机的应用使仪器仪表产生了哪些变革?
- 1-3 展望智能仪器的发展。