

常用智能仪器的 原理与使用

常向阳 魏凯丰 陈晓东

电子工业出版社

(京)新登字055号

内 容 提 要

本书论述了智能仪器的一般原理和软、硬件的基本结构特点,并在此基础上介绍了七种正在迅速普及的智能化仪器(或系统):智能数字电压表、自动绘图仪、智能逻辑分析仪、数字化仪、智能化数字示波器以及医疗监护系统和大屏幕显示系统。在介绍仪器原理的同时,兼顾了使用和维护方法。为了推广微计算机在仪器中的应用,本书专辟一章介绍了对传统仪器进行智能化改造的基本知识和方法。

本书可供大专院校有关师生、电子工程技术人员以及仪器仪表的使用和维护人员参考。

常用智能仪器的原理与使用

常向阳 魏凯丰 陈晓东

责任编辑 魏永昌

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经售

北京顺义李史山胶印厂印刷

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 13.5 字数 335 千字

1993 年 1 月第 1 版 1993 年 1 月第 1 次印刷

印数: 6000 册

定价: 10.00 元

ISBN7-5053-1842-X/TN·511

前 言

自本世纪七十年代以来,由于微处理器、半导体存贮器等大规模集成电路技术的发展和普及,微计算机技术进入了仪器仪表设计制造领域,这使仪器仪表的原理、功能和精度水平都发生了革命性的变化。微计算机的控制和计算能力,不但简化甚至淘汰了传统仪器设计中某些难于掌握和突破的关键问题,而且赋予这新一代仪器以识别(判断)、记忆、分析计算和可编程等功能,故人们称这些微机化的仪器为“智能仪器”。二十年来,智能仪器的品种和销售量年年成倍增长,智能化(或微机化)已成为仪器仪表发展的主要方向。十年前,某些专家就预言:“今后新设计的仪器,不带微机就不可能有销路。”

目前,我国引进和自行生产的智能仪器也不断增加,但在普及使用方面尚感不足,其原因之一,是用户对智能仪器的原理、使用方法以及它所带来的经济效益缺乏足够了解。本书的目的,就在于普及和推广智能仪器的原理和使用,使智能仪器的优越性在各应用领域中得到充分的发挥。

本书是编者综合了近年来智能仪器技术的发展和成果,在首先论述了智能仪器的一般原理和结构的基础上,较详细地介绍了七种常用智能化仪器(或系统)的原理、功能以及使用和维护方法,内容不但涉及仪器的硬件结构,而且介绍了必要的软件技术。

第一章(智能仪器概论)是作为智能仪器一般原理和所涉及的主要技术概念的概述。为了使读者能较好地理解微计算机在仪器中的地位、作用和原理,以便顺利地阅读后续章节,第二章(微型计算机基础)和第三章(智能仪器中的A/D通道)对微机原理和数字

化技术做了简要介绍。第四章~第十章分别介绍了七种常用的智能仪器(或系统),包括智能数字电压表、自动绘图仪、智能逻辑分析仪、数字化仪、智能化数字存贮示波器以及医疗监护系统和大屏幕显示系统。介绍的内容包括仪器的硬、软件原理和结构,以及使用和维护方法。

为了推广智能化技术,本书最后一章(第十一章 传统仪器的智能化改造)介绍了对传统仪器进行智能化改造的基本知识,并辅以实例,作为读者进一步学习的基础。

本书第一、三、四、六、八、十一章由常向阳编写,第五、九、十章由魏凯丰编写,第二、七章由陈晓东编写。在编写过程中,受到曾庆德教授的热情指导和帮助,王培媛协助收集、整理了大量资料,在此一并致谢。

由于作者水平有限,书中不免有错误之处,请读者批评指正。

编 者

1992年3月15日

目 录

第一章 智能仪器概论	1
第一节 什么是智能仪器	1
第二节 智能仪器的典型功能	5
一、自动校准功能	6
二、自动故障与状态检验功能	8
三、数据处理功能	11
四、可编程功能	13
五、功能扩展	13
第三节 智能仪器的分类	15
一、智能化测量仪器	15
二、智能化执行仪器(智能终端)	26
三、本书概要	31
第二章 微型计算机基础	32
第一节 微型计算机结构	33
一、CPU 结构	34
二、存储器	35
三、执行程序的简单过程	37
四、中断	37
五、直接存储器传送(DMA)	39
第二节 几种常用的微处理器(CPU)	40
一、Intel 8080 A	40
二、Z80CPU	47
第三节 存储器和接口	52
一、存储器及其种类	52

二、RAM 的结构	53
三、RAM 与 CPU 的连接	55
第四节 输入和输出 (I/O)	60
一、通用 I/O 接口	60
二、可编程并联合口 8255 A	62
三、Z80 PIO	64
第五节 指令系统	68
一、Intel 8080 A 指令系统	68
二、Z80 指令系统	70
第六节 汇编语言程序设计	79
一、汇编语言程序格式	80
二、伪指令	81
三、程序举例	82
第七节 高级语言程序	88
第三章 智能仪器中的 A/D 通道	89
第一节 采样与 A/D 通道	90
一、模拟信号的采样与保持	90
二、智能仪器中的 A/D 通道	92
第二节 A/D 转换器的基本原理	93
一、计数式 A/D 转换器	93
二、逐次逼近式 A/D 转换器	94
三、两次积分式 A/D 转换器	95
第三节 集成电路 A/D 转换器	96
一、A/D 转换器的主要技术指标	96
二、集成电路 A/D 转换器 AD570	98
三、集成电路 A/D 转换器 ADC0804	102
第四节 A/D 转换器与 CPU 的接口电路	104
一、AD 570 与 8085 CPU 接口电路	105
二、ADC 0804 与 Z 80 CPU 接口电路	109
第五节 采样保持电路	112

一、采样保持电路的结构和技术指标	113
二、采样保持芯片 AD 582	114

第四章 智能化数字电压表118

第一节 智能电压表的一般结构和特点119

一、基本结构和工作方式	119
二、微机的控制功能和控制方式	122

第二节 输入电路125

一、量程标定电路	125
二、采样/保持(S/H)电路.....	129

第三节 智能电压表中的 A/D 技术133

一、四相三斜型积分式 A/D 转换器.....	134
二、余数再循环式 A/D 转换器.....	137

第四节 键盘与键盘控制141

一、键盘的硬件结构	142
二、键盘的扫描控制和译码	143
三、键盘分析程序结构	147

第五节 自检与自动量程控制149

一、智能电压表的自检验	149
二、自动量程控制	153

第六节 测量结果的处理154

一、利用误差模型修正系统误差	155
二、利用校正曲线——查表法作修正	157

第七节 智能电压表的校准161

一、校准的一般方法	161
二、电子式电压标准器	164

第五章 小型智能绘图机168

第一节 SR-6602小型六笔智能绘图机171

一、绘图机结构	171
二、性能指标	172

第二节 自检功能	172
一、自检工作方式	173
二、校笔工作方式	174
三、接口测试工作方式	174
四、绘图工作方式	175
第三节 接口	175
一、Centronix 标准并行接口	176
二、RS-232 C 标准串行接口	177
第四节 绘图命令	180
一、命令格式	181
二、SR-6602 绘图命令一览表	183
三、绘图命令	183
第五节 绘图程序的编制	201
一、数据采集法	201
二、函数计算法	202
三、图案的绘制	202
四、SR-6602 绘图机绘图实例	203
第六节 绘图机和几种微型机联机简介	212
一、APPLE II 微型机与 SR-6602 绘图机联机	213
二、H 89 微型机与绘图机联机	213
三、IF-800 微型机与绘图机联机	214
第七节 检查与维修	215
一、电气部分	215
二、机械部分	217
三、故障查找图	218
 第六章 智能逻辑分析仪	 219
第一节 数据域测量	220
一、数字信号的特点	220
二、对数据域测量仪器的基本要求	221
三、逻辑分析仪的分类	222

第二节 逻辑分析仪的工作原理	224
一、多通道信号输入	225
二、数据的捕捉	226
三、数据的存贮	227
四、触发	229
五、数据的显示	235
第三节 智能逻辑分析仪	240
一、菜单的概念	240
二、基本结构和工作原理	244
第四节 智能逻辑分析仪的应用	249
一、交互分析的应用	249
二、反汇编显示的应用	255
三、点图显示的应用	257
四、软件性能分析的应用	258
第五节 HP 1615 A 智能逻辑分析仪简介	260
一、HP 1615 A 的基本功能	260
二、HP 1615 A 面板(键盘)的操作	261
三、HP 1615 A 的菜单	265
 第七章 智能图形数字化仪	 269
第一节 仪器系统概述	269
一、输入系统	270
二、机内微机系统	272
三、主机系统	273
第二节 图形数字转换原理	273
一、静电耦合原理	273
二、电磁感应原理	274
三、磁致伸缩原理	276
第三节 图形数字化仪功能	278
一、图形资料格式化	278
二、图形分析	280

三、汉字输入	283
第四节 图形数字化仪实例	284
一、整机分析	284
二、使用方法	287
第五节 图形处理系统	293
一、系统构成	293
二、系统操作	295
三、一般功能类	296
四、绘图机绘图	299
五、CRT 绘图	300
六、编辑	301
 第八章 智能化数字存贮示波器	 304
第一节 概述	304
第二节 整机工作原理和方式	307
一、基本工作方式	307
二、控制与存贮电路	308
第三节 主要功能与应用	310
一、采样与 A/D 转换	310
二、触发	314
三、存贮	317
四、扫描	322
五、显示	324
六、测量与计算功能	328
第四节 数字存贮示波器的主要发展趋势	333
 第九章 大屏幕显示器简介	 335
第一节 投影式大屏幕显示器	335
一、液晶光阀投影式大屏幕显示器	336
二、金属膜光阀投影式大屏幕显示器	337
三、油膜光阀大屏幕显示器	338

第二节 直观式平板型大屏幕显示器	339
一、等离子体(PDP)大屏幕显示器	339
二、二极管矩阵(LED)显示器	341
第三节 大屏幕自动显示系统	341
一、系统硬件	341
二、系统软件	343
第十章 医用计算机监护系统	347
第一节 概述	347
一、计算机自动监护系统的组成	350
二、计算机自动监护系统的形式	350
三、计算机自动监护系统种类	351
四、发展计算机自动监护系统的灵活性和实用性	352
第二节 微型机心律失常自动监护仪	353
一、正常心律和异常心律	354
二、监护功能	357
三、硬件结构	358
四、系统软件	359
第十一章 传统仪器的智能化改造	363
第一节 改造价值的评价	364
第二节 改造设计的基本问题	366
一、改造目的的实现手段	366
二、确定保留部件和添加部件	368
三、软件和硬件的协调	370
四、设计计划	370
五、调试工具	371
第三节 硬件设计	374
一、内部微机系统的组建	374
二、其它功能硬件的设计	378
三、硬件设计过程	379

第四节 软件设计	380
一、由顶向下设计	382
二、模块化编程	382
三、结构化编码	383
四、软件设计过程	384
第五节 PZ-8 型数字电压表的智能化改造	384
一、改造原理	385
二、硬件的改造设计	387
三、控制与算法程序	391
第六节 简单的显示和按键设计	394
一、数字显示器接口电路	395
二、简单的按键接口电路	398
第七节 非线性测量系统的计算法定标	402
附录 1 常用 CPU 芯片的主要结构、功能特点	406
附录 2 典型的通用 I/O 接口芯片(并行)	409
附录 3 典型的 A/D 集成芯片	410
附录 4 典型的 D/A 集成芯片	411
附录 5 智能数字电压表	412
附录 6 折线标记号代码表	413
附录 7 字符命令及字符代码表	414
附录 8 自动绘图仪	415
附录 9 智能逻辑分析仪	416
附录 10 数字化仪	417
附录 11 数字存储示波器	418
附录 12 大屏幕显示器件	419

第一章 智能仪器概论

第一节 什么是智能仪器

仪器，是人们用来实现测量、观测或在外部作用下完成特定动作的设备。如：电压表、电子显微镜、示波器、X-Y绘图仪等等，其种类难以统计。随着工业、农业和科学实验的发展，仪器作为观测和执行某些细微机械动作的手段，也日趋精密化、自动化和系列化。到本世纪六十年代，各类仪器作为商品，已经相当完善，并出现了数字式仪器。数字式仪器(如数字电压表、数字频率计等)与模拟式仪器相比，在原理、结构上发生了根本性的变化，电子技术被大量采用，A/D(模拟-数字转换器)、D/A(数字-模拟转换器)和十进制数码显示技术是其最明显的标志。尽管如此，这一代仪器的实时功能还是十分简单的，仪器主体并不具备记忆、对数据分析处理、可编程以至与操作者进行对话这样一些高级功能。

随着计算机技术的发展，1971年出现了被称为“单片计算机”的大规模集成电路“微处理机”(缩写 μP 或MP、MPU)。它相当于计算机的核心部分——“中央处理器”(CPU)。由于它的体积小，功耗低，再配上几片辅助器件(存储器 and 输入输出器)就能构成一台微型计算机。由于微型计算机体积微小，可以装入仪器。它使仪器设备具有了“电脑”，从而使其功能增多，性能提高。这就成为有“电脑”的智能仪器。仪器主体包含了电脑，这是仪器发展中的一次真正的革命。它不但能自动完成某些测量任务或在程序指导下完成预定动作，而且还能进行包括各种复杂计算在内的数据处理。通常这种仪器还具有自校准功能，使测量

或执行的准确度显著提高。商品化的智能仪器出现于1973年，它发展极为迅速。1975年时大约有七、八十种智能仪器，1979年猛增至六百种左右，目前大约已有一千多种。

最早出现的智能仪器之一是美国 HP 公司的 1722A 示波器。它的微处理机部分是用 HP-35 手持计算机改装的，还不是正规的微处理机。它保留的传统硬件较多，而且没有对外接口功能。早期的智能仪器都采用 4 位微处理机。如美国 DANA 公司的 9000 系列计时器/计数器，Systron Donner 公司的 7115 数字电压表。面板已采用键盘，从而淘汰了大多数传统的波段开关和调节器。它们都有计算功能，自校准功能和对外接口功能。7115 还有自诊断功能，9000 系列有自动调节测试点(触发电平)的功能。1978年~1980年，智能化仪器日趋完善，一些常用的智能仪器在一些大公司主持下已基本上实现了系列化，成为世界性的商品。如英国 DATRON 公司的智能数字电压表系列，瑞士 Mettler 公司的智能化电子天平系列等。这些智能仪器大都采用 8 位微处理机(如 M6800、8080、Z80、F8、6502 等)，也有少数采用两个微处理机(如 HP 数字电压表)和采用 16 位微处理机的。智能仪器遍及各个领域，例如 DioPtron 自动客观折射仪是给眼科病人自动验目并计算确定眼镜处方用的(即所谓“电脑验目”)。HP 公司的测距仪则可从第三点测量(计算)两点之间的距离。日本 IWA-TSU 公司的智能 X-Y 绘图仪在程序控制下可做多种颜色的绘图。带微处理机的色谱分析仪能够自动和准确地计算并输出被测化学混合物的有关数据。

那么，智能仪器的确切定义是什么呢？至今尚没有一个统一的标准。从字面上讲，所谓智能，意味着仪器中含有一定的人工智能，即是利用电子电路代替人的一部分脑力劳动。然而，事实上，迄今智能仪器中所具备的人工智能并不多。特别在视觉(图形及色彩判读)、听觉(语音的辨别及语言的领悟)、思维(推理、判断、学习、联想)等方面的能力仍十分有限，甚至阙如。美国

习惯用一个通俗名词，叫做“Smart instruments”，包含着时髦漂亮、机繁能干的意思。实质上是用以形容新一代电子仪器。它们与传统仪器的区别主要有以下几点：

(1) 具有较完善的可编程能力，并常配有 GPIB 接口 (IEC-625, IEEE-488 标准接口)，多以 ASCII 码 (ISO-646, SJ-939-75) 输入输出；

(2) 面板控制采用灵活的功能键和数字键，或兼有这类按键的编程能力；

(3) 面板显示十进制数，或兼能显示若干拉丁字符或英文字符，近来用 CRT (电视屏幕) 显示字符及图形的情况日渐增多，个别的附有大小不等的打印机；

(4) 具有数据处理能力，包括均值计算、方差计算、变换、误差修正等。从而提高了仪器的精确度，并扩展了测量或执行功能；

(5) 具有一定的可编程自动化能力，包括指令和数据存贮、自动调零、自检、自校，等等。个别仪器可用小型盒式磁带输入程序；

(6) 以上许多特色主要是依靠在仪器内采用微处理机系统及相应的大规模集成电路而获得的。

因此，所谓智能仪器，可以理解为 μP 化的仪器，即以微型计算机为基础而设计制造出来的一代新型仪器。在许多文献中采用了“instruments based microcomPuter” (基于微型计算机的仪器) 或“meter based micvocomPuter” (基于微型计算机的仪表) 这样的字眼。

由于将微型机埋入仪器后所带来的好处，更由于 CPU 芯片及其它大规模集成电路 (如 RAM、ROM、I/O 接口片等) 价格的下降趋势有增无减，智能仪器的发展前景是极其乐观的。其发展趋势可归纳为以下几点：

(1) 从商品化的角度看，智能仪器在各领域充分发展的基础

上,将进一步走向系列化、标准化和不断地降低价格。尤其在常规仪器(如:数字繁用表、示波器、信号发生器、显微镜、天平、绘图仪,等等)方面会有较迅速的发展。

(2)采用大规模和超大规模集成电路的设计将促进智能仪器的发展。近年来智能仪器的发展和它使用的微处理机及其它大规模集成电路是分不开的。近年来出现的16位微处理机如Intel 8086、Z8000和M68000性能都很好,由它们组成的微型机已赶上或接近小型机的性能。采用16位微处理机的智能仪器将具有更高的精度和更广泛的功能。随着集成电路的发展,有可能出现“单片仪器”,即一片集成电路就是一台仪器。

(3)由于计算机和数字设备应用极为广泛,因而出现了数据(二进制数字0、1数据)域测量方面的测量仪器。随着大规模和超大规模集成电路技术的发展,这方面的测试设备(如大规模集成电路测试仪器和系统、电路板测试仪器、逻辑分析仪器等)也必然发展。现场维修测试设备主要集中在两个领域:数据通讯测试和以微、小型机为基础的设备修理。前一领域出现了各种各样的通讯测试仪器和分析仪,包括能监视通信线路、终端、CPU功能,和全面仿真的设备。后一领域中出现了逻辑分析仪、特征分析仪等设备。近年来出现的微处理机练习器和微机系统分析仪(μ SA)能用三种方法测试带微处理机的设备。有的逻辑分析和特征分析结合起来,还出现了种种现场维修测试器,如逻辑电路板测试器,便携式维修测试器、数字组件测试器等。可以预计,今后这类仪器要大发展。

(4)与标准接口母线兼容的仪器要迅速增加。几台(二、三台)与标准接口母线(CP-IB或HP-IB或IEC-IB)兼容的智能仪器相组合,其功能和性能可能取代大型自动测试系统。但体积要小得多,价格要低得多。

与任何事物均有其正反两方面一样,智能仪器的发展也带来一些反作用或问题。虽然就一般情况来说,在智能仪器上再增加一

些功能键不是什么难事，但面板过份复杂，功能太多的仪器使用起来毕竟不方便。那么在不同类型的仪器上，保留几种功能是合适的？这是一个值得探讨的问题。另外，由于智能仪器所使用的集成电路不断地专用化，给维修与更换器件也带来了麻烦。诸如这些问题，在智能仪器的发展过程中是应该注意和设法解决的。

第二节 智能仪器的典型功能

大多数传统仪器(包括模拟式仪器和数字式仪器)的主要功能是实时地完成一次测量，并将测量结果显示出来。因此测量结果的“准确性”完全取决于仪器各部件的精密性和稳定性水平，当该水平降低时，测量结果将包含较大的误差，仪器越精密越是如此。如图1-1是一个数字电压表的结构框图。滤波器、衰减器(电阻网络)、放大器、A/D转换器及基准电压源的温度漂移电压或时间漂移电压都将百分之百地反映到结果中去。而且从客观上讲，这类漂移电压是不可能根本消除的。另一方面，传统仪器不能保证测量的“正确性”。所谓测量的“正确性”是指测量必须在仪器系统和仪器各部件完全无故障的情况下进行。非智能仪器在其部件有故障时往往也给出测量

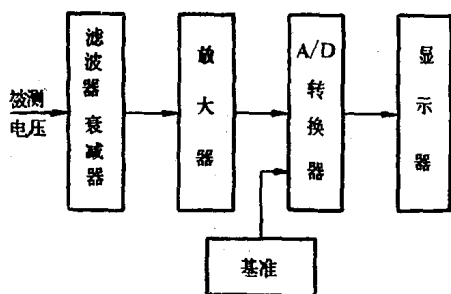


图 1-1 数字电压表结构框图

结果的显示值，但并不通知使用者这个示值是根本错误的。

这两方面的问题，在智能仪器出现之前，是仪器仪表工程师、设计师的主要敌人，人们在提高仪器部件(包括机械部件和电子部件)的稳定性水平和可靠性(无故障)水平方面付出了巨大的努力。但智能仪表的出现，使这两个问题得到了突破性解决，