



# 智能仪器设计

丁国清 陈欣 编著

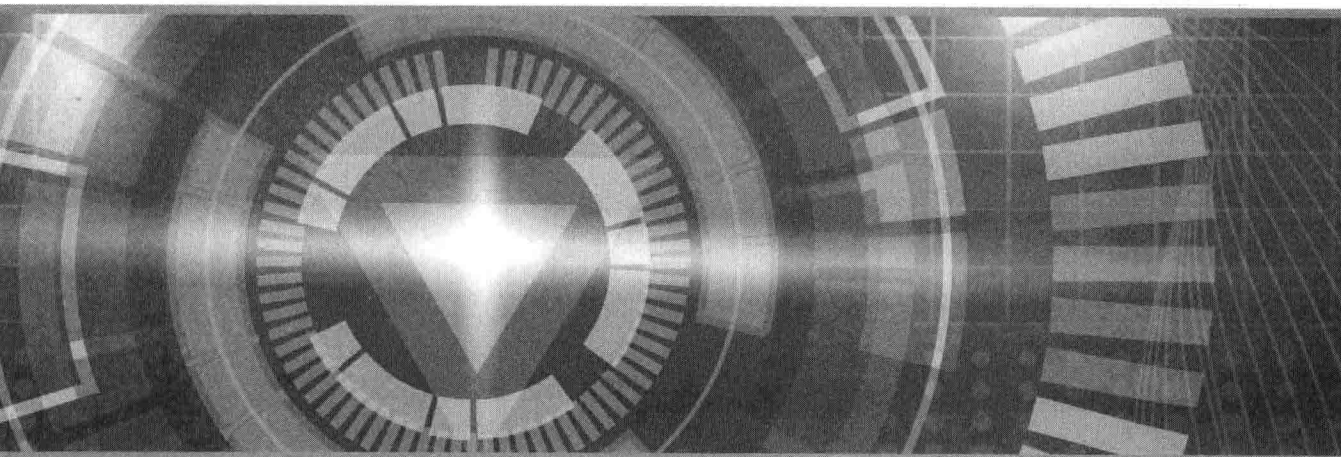
*The Design of  
Intelligent Instruments*



机械工业出版社  
China Machine Press

高等院校电子信息与电气学科系列规划教材

# 智能仪器设计



丁国清 陈欣 编著



机械工业出版社  
China Machine Press

## 图书在版编目 (CIP) 数据

---

智能仪器设计 / 丁国清, 陈欣编著. —北京: 机械工业出版社, 2014.7  
(高等院校电子信息与电气学科系列规划教材)

ISBN 978-7-111-47169-1

I. 智… II. ①丁… ②陈… III. 智能仪器—设计—高等学校—教材 IV. TP216

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 134969 号

---

本书介绍智能仪器的理论基础、关键技术和设计原理。全书共分两篇, 上篇以理论知识为主, 针对智能仪器的特点, 讲解输入/输出通道、数据处理算法、人机交互与总线技术、可靠性技术, 并以智能比色高温计为实例介绍智能仪器的设计流程和发展方向; 下篇以课程设计为主, 针对纠偏控制系统, 讲解实验装置和操作方法, 包含接口连接、程序调试、键盘监控等内容, 共计 10 个实验。

本书可作为高等院校仪器仪表类专业课程教材, 也可供仪器研究设计人员和自动化测试技术人员参考。

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 曲 熠 谢晓芳

责任校对: 董纪丽

印 刷: 三河市宏图印务有限公司

版 次: 2014 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 185mm×260mm 1/16

印 张: 12.75

书 号: ISBN 978-7-111-47169-1

定 价: 35.00 元

---

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光/邹晓东

---

---

# 前 言

智能仪器在测试领域及生产自动化系统中的应用日益广泛，为适应广大自动化仪表设计、生产和使用人员的迫切需求，本书着眼于实践，系统地阐述了智能仪器的特点、结构、功能、设计和调试方法，帮助读者了解和掌握智能仪器的基础理论、关键技术和设计原理。

全书共分两篇，上篇为智能仪器设计基础，第1章介绍智能仪器的发展史和特点，第2~6章紧扣智能仪器的特点，分别讲述信号的输入与转换、信号的输出与驱动、数据处理、人机交互与总线技术、可靠性技术，以及智能仪器设计实例和展望。下篇为智能仪器课程设计，以纠偏控制系统为对象，介绍实验原理、装置和操作方法，共包含10个实验，涉及接口、总线、模块等多项内容。本课程可采用以课程设计为主、课堂讲解为辅的方式进行，以达到更佳的教学效果。

本书可作为高等院校仪器仪表类相关专业课程教材，同时可供其他专业师生、相关领域的研究设计人员及自动化测试工程技术人员参考。

本书由丁国清、陈欣编著，蔡萍教授参与审稿。

由于编者水平有限，错误和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者  
2014年5月

# 教学建议

本教材适用于“智能仪器设计”和“智能仪器课程设计”等相关课程，它介绍在测试领域及生产自动化系统中应用日益广泛的智能仪器，经过概括总结形成的一整套设计方法论，并系统阐述智能仪器的特点、结构、功能、设计和调试方法，以期使人们了解和掌握智能仪器的基础理论、关键技术和设计原理。与“智能仪器设计”教材有关课程的教学目的、教学目标以及教学建议等分述如下。

## 【教学目的】

1) 了解智能仪器在测试领域及生产自动化系统中的地位和重要作用，使学生认识到学习本课程的理论与实践意义，激发学习兴趣和实验积极性。

2) 掌握智能仪器输入/输出模块硬件的设计基本方法，通过误差分配、框架搭建和器件选型，实现硬件初步设计。

3) 掌握智能仪器中软件设计方法，实现源代码和数据库的合理分工配置；通过数据处理算法进一步减少随机误差和系统误差，提升智能仪器精度；通过监控程序构建测控软件平台，实现友好的人-机交互和机-机交互。

4) 掌握智能仪器整机设计方法，具有初步的软硬件综合调试能力。

## 【教学目标】

以整个智能仪器信息流向来组织教学内容，培养测控类相关专业本科生和专科生在智能仪器设计中涉及的基本分析方法以及实际应用方面的思维方式与研究方法。强调系统性、可行性和实用性。希望学生通过该门课程的学习，能深刻地理解智能仪器设计的基本概念，熟悉基本分析方法，掌握一定的选型方法，提高分析问题、解决问题的能力，培养科研能力以及创新能力，为学生从事仪器仪表整机设计打下扎实的基础。

## 【教学建议】

教学内容	教学要点	课时安排	
		多学时	少学时
第1章 智能仪器概论	<ul style="list-style-type: none"><li>智能仪器的发展史及概述</li><li>智能仪器的特点</li></ul>	2	1

(续)

教学内容	教学要点	课时安排	
		多学时	少学时
第 2 章 输入/输出通道	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 输入和转换通道的特点和结构</li> <li>• 输入和转换通道的性能指标</li> <li>• 信号调理</li> <li>• 信号采集和转换电路</li> <li>• 输出与驱动概述</li> <li>• 数模转换</li> <li>• 干扰防治</li> <li>• 信号驱动</li> </ul>	8	6
第 3 章 数据处理	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 程序结构</li> <li>• 数据结构及查表技术</li> <li>• 数字滤波算法</li> <li>• 非线性校正</li> <li>• 消除仪器的漂移</li> </ul>	8	6
第 4 章 人机交互与总线	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 人机交互</li> <li>• 监控程序</li> <li>• 总线概述</li> <li>• RS-232C 总线</li> <li>• 内部总线</li> </ul>	6	4
第 5 章 可靠性技术	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 可靠性概念</li> <li>• 干扰和抗干扰措施</li> <li>• 容错技术</li> <li>• 故障诊断和自检</li> <li>• 故障自恢复</li> </ul>	8	4
第 6 章 智能仪器的设计与展望	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 设计前的准备</li> <li>• 智能仪器的研制步骤</li> <li>• 软硬件的综合调试</li> <li>• 智能仪器设计实例</li> <li>• 智能仪器发展与展望</li> </ul>	4	2
第 7 章 课程设计的目的、任务和基础知识	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ADS 开发环境简介</li> <li>• PID 控制算法简介</li> <li>• <math>\mu\text{C}/\text{OS-II}</math> 操作系统简介</li> <li>• JTAG 调试接口简介</li> </ul>	2	2
第 8 章 课程设计的实验装置和实验步骤	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 纠偏控制系统概述</li> <li>• 纠偏控制器系统装置</li> <li>• 课程设计实验步骤</li> </ul>	2	2
第 9 章 课程设计内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 实验 1</li> <li>• 实验 2</li> <li>• 实验 3</li> <li>• 实验 4</li> <li>• 实验 5</li> <li>• 实验 6</li> <li>• 实验 7</li> <li>• 实验 8</li> <li>• 实验 9</li> <li>• 实验 10</li> </ul>	1 2 2 2 2 4 4 4 4 4 10	1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2

## 【说明】

1) 本教材为“智能仪器设计”或“智能仪器课程设计”课程教材，授课学时数为 34~54

学时，根据不同的教学要求和计划教学时数可酌情对教材内容进行适当取舍。在教学过程中，建议上篇以课堂讲解为主，下篇教学以实验室的课程设计为主。上下两篇的内容可以灵活取舍，构成深度和学时有区别的课程。

2) 由于“智能仪器设计”课程的教学内容多为工程实际的讨论，学生难以有实际体会。因此，在课堂教学中，应尽可能增加应用方面的案例，增加学生的感性认识，进一步深化学生对理论知识的理解。

3) 本教材下篇的课程设计，宜采用 2~4 人一组开展实验。

# 目 录

前言

教学建议

## 上篇 智能仪器设计基础

第 1 章 智能仪器概论 ..... 2

1.1 智能仪器的发展史及概述 ..... 2

1.2 智能仪器特点 ..... 3

思考题和习题 ..... 7

第 2 章 输入/输出通道 ..... 8

2.1 输入和转换通道 ..... 8

2.1.1 输入和转换通道的特点和结构 ..... 8

2.1.2 输入和转换通道的性能指标 ..... 11

2.1.3 信号调理 ..... 15

2.1.4 信号采集和转换电路 ..... 18

2.2 输出和驱动通道 ..... 22

2.2.1 输出和驱动概述 ..... 22

2.2.2 数模转换 ..... 23

2.2.3 干扰防治 ..... 25

2.2.4 信号驱动 ..... 28

思考题和习题 ..... 32

第 3 章 数据处理 ..... 34

3.1 程序结构 ..... 34

3.1.1 模块程序 ..... 34

3.1.2 结构化程序 ..... 35

3.2 数据结构及查表技术 ..... 37

3.3 数字滤波算法 ..... 41

3.4 非线性校正 ..... 44

3.5 消除仪器的漂移 ..... 47

思考题和习题 ..... 50

第 4 章 人机交互与总线 ..... 51

4.1 人机交互 ..... 51

4.1.1 人机交互概述 ..... 51

4.1.2 键盘 ..... 52

4.1.3 显示器件 ..... 55

4.2 监控程序 ..... 58

4.2.1 监控程序和功能程序 ..... 58

4.2.2 监控主程序 ..... 60

4.2.3 键盘管理 ..... 61

4.3 总线概述 ..... 69

4.4 RS-232C 总线 ..... 70

4.5 内部总线 ..... 73

思考题和习题 ..... 76

第 5 章 可靠性技术 ..... 78

5.1 可靠性概念 ..... 78

5.1.1 可靠度、故障率和平均故障间隔时间 ..... 78

5.1.2 串联及并联系统的可靠度 ..... 79

5.2 干扰和抗干扰措施 ..... 80

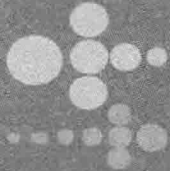
5.2.1 干扰 ..... 80

5.2.2 抗干扰措施 ..... 83



5.3 容错技术 .....	90	7.2.1 任务 .....	144
5.3.1 冗余技术 .....	90	7.2.2 实验方法指示及注意 事项 .....	145
5.3.2 主要容错技术 .....	97	7.3 ADS 开发环境简介 .....	145
5.3.3 容错技术的现状与发展 趋势 .....	100	7.3.1 CodeWarrior IDE 简介 .....	145
5.4 故障诊断和自检 .....	102	7.3.2 AXD 调试器简介 .....	145
5.5 故障自恢复 .....	104	7.4 PID 控制算法简介 .....	146
思考题和习题 .....	106	7.4.1 位置式 PID 控制算法 .....	147
<b>第 6 章 智能仪器的设计和展望</b> .....	107	7.4.2 增量式 PID 控制算法 .....	148
6.1 设计前的准备 .....	107	7.5 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统简介 .....	149
6.1.1 设计任务的确定 .....	107	7.6 JTAG 调试接口 .....	150
6.1.2 计算机系统的选择 .....	107	7.6.1 JTAG 调试接口简介 .....	150
6.1.3 不同类型芯片的电气 匹配 .....	111	7.6.2 基于 JTAG 的调试 过程 .....	150
6.2 智能仪器的研制步骤 .....	114	<b>第 8 章 课程设计的实验装置和实验   步骤</b> .....	152
6.2.1 硬件与软件的划分 .....	114	8.1 纠偏控制系统简介 .....	152
6.2.2 硬件设计 .....	114	8.2 纠偏控制系统装置 .....	155
6.2.3 软件设计 .....	114	8.2.1 传感器 .....	156
6.3 软硬件的综合调试和测试 .....	116	8.2.2 纠偏控制器 .....	157
6.3.1 硬件调试 .....	116	8.2.3 执行机构 .....	157
6.3.2 软件调试 .....	118	8.2.4 CAN 总线 .....	157
6.3.3 联机仿真软硬件综合 调试 .....	120	8.2.5 纠偏控制 DEMO 及调试 装置 .....	158
6.3.4 智能仪器可测试性 .....	122	8.2.6 其他实验仪器和 消耗品 .....	159
6.4 智能仪器设计实例 .....	123	8.3 实验步骤 .....	159
6.5 智能仪器发展与展望 .....	129	8.3.1 擦除 ARM 芯片程序 .....	159
6.5.1 人工智能与专家系统 .....	129	8.3.2 JTAG 调试接口连接 .....	161
6.5.2 机器学习 .....	131	8.3.3 程序编译及 JTAG 调试 .....	163
6.5.3 专家系统 .....	133	8.3.4 程序烧写 .....	166
<b>下篇 智能仪器课程设计</b>		8.3.5 电机硬件连接 .....	168
<b>第 7 章 课程设计的目的、任务和   基础知识</b> .....	144	8.3.6 ARM Developer Suite v1.2 的安装 .....	168
7.1 课程设计的目的 .....	144		
7.2 课程设计的任务 .....	144		

8.3.7	ARM Developer Suite		
	v1.2 的卸载 .....	169	
<b>第 9 章</b>	<b>课程设计内容</b> .....	171	
9.1	实验 1: I/O 口实验 .....	171	
9.2	实验 2: 串行口实验		
	(选做) .....	172	
9.3	实验 3: LCD 显示实验 .....	172	
9.4	实验 4: I <sup>2</sup> C 接口实验 .....	177	
9.5	实验 5: CAN 总线实验 .....	179	
9.6	实验 6: PWM 电机驱动		
	模块实验 .....	181	
9.7	实验 7: 状态法键盘监控程序		
	实验 .....	183	
9.8	实验 8: PID 算法实验 .....	183	
9.9	实验 9: $\mu$ C/OS-II 操作系统		
	实验 .....	184	
9.10	实验 10: 纠偏控制系统功能		
	调试实验 .....	186	
<b>附录 A</b>	<b>课程设计实验数据</b>		
	记录表 .....	188	
<b>附录 B</b>	<b>Q&amp;A</b> .....	189	
<b>参考文献</b>	.....	191	



# 上篇 智能仪器设计基础

本文主要介绍智能仪器的设计基础，包括仪器的组成、工作原理、设计方法、应用等。智能仪器是指具有人工智能的仪器，它能够自动地采集、处理、存储、传输、显示数据，并能根据预先设定的程序进行逻辑推理、判断、决策、控制等。智能仪器的设计基础包括以下几个方面：

1. 智能仪器的组成：智能仪器通常由传感器、信号调理电路、微处理器、存储器、显示器、通信接口等组成。传感器负责采集被测对象的信号，信号调理电路负责对信号进行放大、滤波、线性化等处理，微处理器负责对信号进行运算、逻辑判断、控制等，存储器用于存储数据，显示器用于显示数据，通信接口用于与其他设备通信。

2. 智能仪器的工作原理：智能仪器的工作原理是根据预先设定的程序，通过传感器采集被测对象的信号，经过信号调理电路处理后，由微处理器进行运算、逻辑判断、控制等，最后通过显示器显示数据。

3. 智能仪器的设计方法：智能仪器的设计方法包括需求分析、方案设计、详细设计、装配调试等。需求分析是指根据被测对象的特性和使用要求，确定仪器的性能指标、功能要求、接口要求等。方案设计是指根据需求分析的结果，确定仪器的总体结构、主要部件的选择等。详细设计是指根据方案设计的结果，进行电路设计、软件设计、机械结构设计等。装配调试是指根据详细设计的结果，进行仪器的装配、调试、验收等。

4. 智能仪器的应用：智能仪器广泛应用于工业、农业、医学、军事、科研等领域。在工业领域，智能仪器用于生产过程的控制、质量检测、故障诊断等。在农业领域，智能仪器用于土壤肥力的检测、作物生长的监测等。在医学领域，智能仪器用于疾病的诊断、治疗、康复等。在军事领域，智能仪器用于情报的收集、目标的识别、武器的控制等。在科研领域，智能仪器用于各种科学实验的测量、记录、分析等。

## 1.1 智能仪器的发展史及概述

### 1. 仪器仪表发展简史

**第一代仪器仪表(指针式仪表)** 20 世纪 50 年代以前的仪器仪表都按某一性能要求设计的单个指针式仪表,如至今还在使用的万用表、电压表、电流表和功率表等。当时人们致力于研究仪表本身的性能,如提高灵敏度、扩展量程、提高精确度等,使得仪表从简单到复杂,对元器件的要求越来越高,因此仪表的造价也成倍地增加。

**第二代仪器仪表(数字式仪表)** 20 世纪 60 年代,随着无线电电子学、自动控制、航空航天和军事工业的发展,测试项目越来越多,测试速度要求越来越高,需要连续、实时地显示及处理大量的测试数据。随着自动测试系统(ATS)的研制,第二代数字式仪器仪表应运而生,如数字电压表、数字功率计、数字频率计等。这类仪表能够满足快速响应和高精度的要求,以数字显示或打印最终结果,还可以将数据通过接口输入计算机,但是第二代仪器仪表本身还不包含计算机。

**第三代仪器仪表(智能仪器)** 20 世纪 70 年代,由于微型计算机的出现和迅猛发展,仪表同计算机融为一体的智能仪器诞生了。智能仪器(Intelligent Instrument)的优越性是以往的仪器所无法比拟的,它产生了革命性的飞跃。仪器内增加了计算机芯片,不但可以用软件代替仪器中的硬件功能,而且使仪器的电路得到了较大程度的简化。由于计算机芯片体积小、价格低,因此整个仪器的体积及成本大大降低,同时功能增多、测量范围扩展、精确度提高,还具有数据加工及处理的能力。此外,智能仪器大多具有与外设计算机连接的标准接口,可作为一台智能程控仪表接入系统,使功能进一步扩展。在操作方面,操作人员只要熟悉一些简单的程序,或利用预先存储在计算机内的程序,就可以方便地进行测试。仪器产生故障时,部分智能仪器具有自检能力,维修也很方便。

### 2. 智能仪器概述

智能仪器目前尚无权威的定义。一般认为,含有微计算机或微处理器的测量仪器,由于其拥有数据存储、运算、逻辑判断及自动化操作等功能,具有智能的作用(表现为智能延伸或加强等),因而被称为智能仪器。

George C. Barney 在《Intelligent Instrumentation, Microprocessor Applications in Measurement and Control》一书中将“智能仪器”定义为:“The use of a measurement system to evaluate a physical variable employing usually a digital computer to perform all

(or nearly all) the signal/information processing.”即用智能仪器的测量系统评价和测定物理量时，通常由数字计算机来采集全部(或几乎全部)信号并处理信息。

### 3. 智能仪器与非智能仪器的区别

智能仪器与非智能仪器的区别在于：

- 1) 非智能仪器通常只是人的感官或四肢的延伸，而智能仪器则能替代人脑的部分功能。
- 2) 非智能仪器可获取被测变量，但测量者必须人工处理这些数据；而智能仪器自动处理数据并将处理好的结果传给测量者或其他智能仪器，具有许多非智能仪器不可替代的优越性能。

图 1-1 说明了智能仪器与非智能仪器的不同之处。

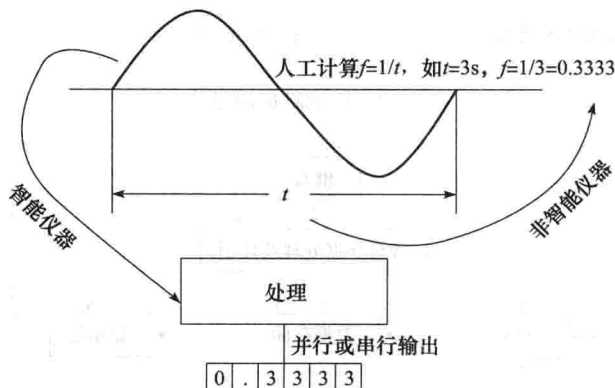


图 1-1 智能仪器与非智能仪器的区别

## 1.2 智能仪器特点

### 1. 智能仪器的结构特点

#### (1) 结构实例

下面举例说明智能仪器的结构。图 1-2 是智能阻抗测量仪框图。该仪器借助 GP-IB 接口总线与外部系统连接，允许其他计算机对其进行控制。振荡器输出经分频后提供时钟信号和测试交流信号，前置电路的输出为幅值与被测阻抗成正比的交流信号。相敏检波器将这个交流电压变换为直流输出电压，再经过 A/D 转换器进行模数转换，得到的数字信号送入微处理器进行计算，从而得到未知的阻抗值。这个值可以在 CRT 上显示或通过 GP-IB 总线送到外部系统。

图 1-3 是智能示波器框图。模拟电压输入信号经过 A/D 转换后，先在 RAM 中存储，然后经过微机进行数据处理，处理结果再送回 RAM 中存储起来，处理后的曲线数据也可以存入 RAM 的另一区段。计算机数据处理是指进行加、减、乘、除、求平均值、求有效值、求平方值等运算。仪器的面板上装有许多专用键，按下某一个键就可以对采集到的原始曲线数据进行某种对应的运算。如果用户需要进行上面几种运算以外的处理，可以自编程程序放在 RAM 中，按下“用户自定义键”即转入执行这段程序，完成程序中所要求的特殊

运算并显示结果。

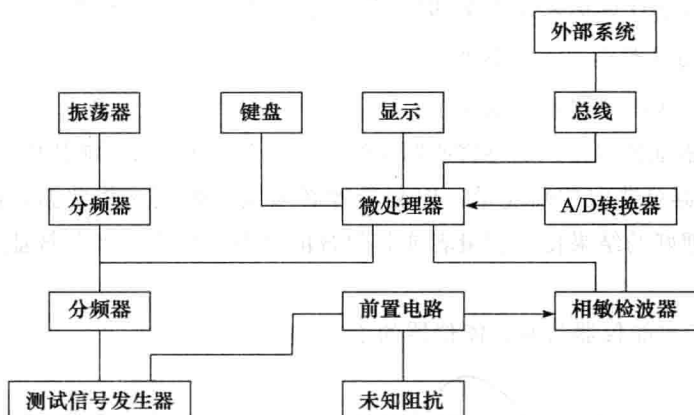


图 1-2 智能阻抗测量仪

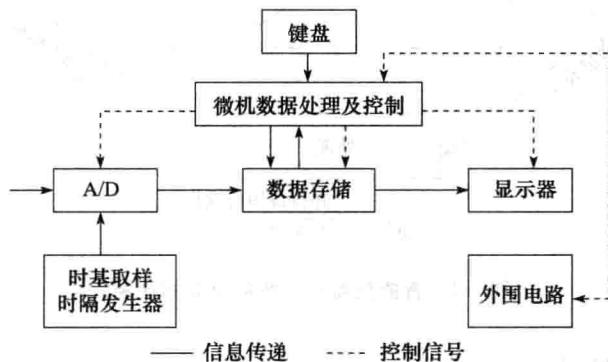


图 1-3 智能示波器

## (2) 结构组成及特点

从上面两个例子中可以大致归纳出一个完整的智能仪器框图，如图 1-4 所示。

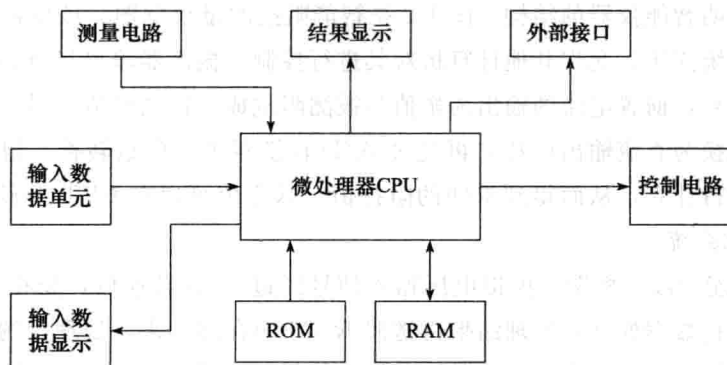


图 1-4 智能仪器

图 1-4 中，测量电路通过可编程控制数字寄存器与微处理器相连接，这两个寄存器包含了测量结果以及测量电路的状态信息。测量结果以数字形式显示，并可以直接从输出寄

寄存器取出。这种方式通常用于简单的、不需要处理测量结果的设备，设备的工作流程控制依靠存储在 ROM 中的程序来实现。典型的人机交互解决方案是采用功能数字键盘，数字键盘功能多样且可以简化测量设备与执行器的连接。例如，最简单的功能是显示按下的数字，使用户可以直观地判断输入参数是否有差错。功能键一般对应仪表的特定功能，每一个键对应 ROM 中一段相应的程序。

智能仪器通常可以纳入一个更大的测试系统，由计算机或可编程式计算器进行控制。通过 GP-IB 标准总线、现场总线或其他通信总线的电路和接插件，便可实现相互连接。在系统中，每个仪器都完成固定的一些程序，这些程序自动地执行仪器所需的算法或者借助按键转入执行有关的程序段。

### (3) 信息流向路径结构

图 1-5 为信息流向路径结构图。为了获知测量对象的未知特性，微处理器给出激励信号，通过驱动执行器对测量对象施加激励。测量对象的响应信息通过传感器获取，经过信号调理和转换传输至微处理器。微处理器对激励信号和响应信息进一步加工处理，最终获知测量对象的未知特性。

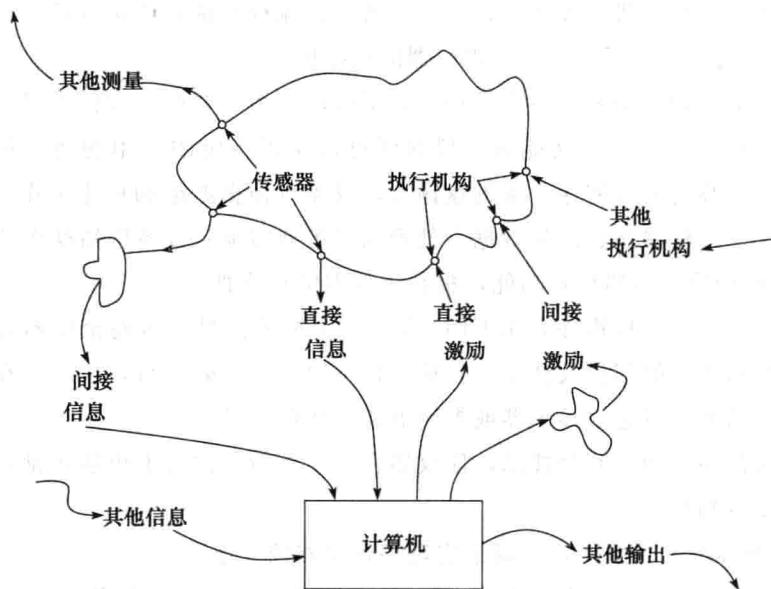


图 1-5 信息流向路径结构图

## 2. 智能仪器的优点

1) 具有数据处理功能，使仪器的性能得到进一步改善和增强。

### ① 测量精度提高。

- 由于智能仪器的中心控制系统是微处理器，其主频一般在 10MHz 以上（即主时钟周期在  $0.1\mu\text{s}$  以下），因此采样速率很高。利用这一点可以进行快速多次重复测量，然后求平均值，或者剔除粗大误差，排除一些偶然的误差和干扰。
- 智能仪器可以进行自校，消除漂移、噪声以及某些干扰因素，提高测量精度。

• 智能仪器具有误差修正能力,如通过查表修正非线性误差等。

② 间接测量。智能仪器可以对测量结果进行数学加工,求出导出量。例如,由位移量和时钟计数求出速度及加速度;由位移及力求出刚度;由两路正弦波幅值求出相位差和时间差,进而求出质量、流量等。另外,还可以对同一个量以不同的单位进行显示。

③ 自动调节。智能仪器一般能根据被测量的值对测量范围、增益等进行自动调节,自动达到最佳状态,使测量精度最高。

④ 指示判断和自动分选。智能仪器可以根据设定值来判断并显示测量结果是否合格,并自动进行分选和公差配合组对匹配。

⑤ 仪器功能增加。除了测量功能外,智能仪器还可对测量结果进行处理。例如,由于智能显示设备有较大的存储容量,它可以对波形曲线、瞬变状态等进行记忆和再现,对波形进行整形,对曲线上的特征值进行精确计算等。再如,智能打印机可以将要打印的数据进行快速存储和排序变换,使打印机先从左到右打一行,然后从右向左打印下一行,提高打印速度。另外,智能仪器还能利用其数据处理功能对测量结果进行统计分析,统计规律能帮助研发和质保部门进一步改进设计、完善工艺流程和提高产品质量。

2) 具有先进的人机对话方式,实现仪器的程控操作。

通常将仪器的各种功能编成各个子程序,子程序由命令调用。操作人员只需在键盘上输入命令字,或按下某些专用功能键,仪器就可以实现指定的专用功能。对于特定的测量、操作人员可以临时编写程序,由键盘输入,仪器可根据新编的程序工作。同时,仪器还可将运行情况、工作状态、测量数据、处理结果等通过显示设备告知操作员。

3) 具有自检功能及容错计算功能,提高了仪器的可靠性。

智能仪器通常都有自检程序,由CPU发出一个校核信号,传输至仪器各部分,同时核对其响应,判断故障的部位及性质。自检不仅可以在启动时进行,也可以在运行过程中同步进行。自检结果可以通过显示器或报警器通知操作人员。

有些智能仪器还采用了冗余技术,使仪器在发生故障的情况下仍能正常运行,使仪器的可靠性进一步得到提高。

4) 具有各种标准的总线接口,易于实现多台仪器的互连。

智能仪器通常都带有标准的总线接口,可以方便地与外设计算机或其他智能仪器联机,成为自动测试系统中的一个智能组件。

5) 具有灵活性,易于改进和更新换代。

智能仪器的硬件有较强的通用性,采用模块形式后可进行灵活的功能组合。智能仪器功能上的变化,很大程度上取决于软件的更新,而软件更新工作较硬件升级要简捷得多。

6) 具有一定的逻辑思维能力,可实现人工智能技术。

智能仪器是计算机技术向测量仪器移植的产物,但随着人工智能的发展,它的某些成果也已应用到智能仪器中,使智能仪器不仅能精确地测量各种参数,而且可以帮助用户对



测量结果进行分析,解决专家才能解决的复杂问题。它的主要方法是将已有的经验知识存入仪器中,利用人工智能的某些算法对测量结果进行逻辑比较、推理和融合。部分智能仪器还具有自学习功能,能将新的知识不断地吸收到原有的系统中去。

## 思考题和习题

- 1-1 智能仪器有什么特点?
- 1-2 智能示波器和传统示波器的内部结构和使用场合有何不同?
- 1-3 查找资料,了解智能仪器的现状和发展前景,说出自己的看法。
- 1-4 在互联网中搜索感兴趣的智能仪器,详细了解其技术指标、功能和特点,写出评测报告。