

可下载教学资料

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



高等学校教材
电子信息

智能仪器原理及设计

王选民 主编



清华大学出版社

高等学校教材
电子信息

智能仪器原理及设计

王选民 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统地阐述了智能仪器的体系结构、原理及设计方法。全书共分10章。第1章为绪论,介绍智能仪器的结构、特点及发展状况;第2章介绍智能仪器主机电路;第3章介绍信号输入输出通道的结构、特性及设计;第4章介绍智能仪器人-机接口技术;第5章介绍智能仪器的标准数据通信接口;第6章介绍智能仪器抗干扰技术;第7章介绍智能仪器数据处理及自动化技术;第8章介绍智能仪器设计方法;第9章介绍基于电压及频率测量的智能仪器;第10章介绍虚拟仪器及网络化仪器的结构及设计实例。

本书在着重基本原理和方法的基础上,突出智能仪器的新方法、新技术、新器件。增加了 ARM 内核、DSP 型单片机。 Σ - Δ 型 ADC、触摸屏、高速数据缓存、通信总线(如 PXI、CAN、USB、以太网、蓝牙)、虚拟仪器及网络化仪器等内容。本书加大了应用篇幅,各章节侧重智能仪器功能部件的具体设计方法与技巧,给出了相关设计实例。

本书可作为高等院校电子类、仪器仪表类、控制类等专业的教材或教学参考书,也可供广大从事智能仪器、仪表开发设计的工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

智能仪器原理及设计/王选民主编;张利川,张晓博编著. —北京:清华大学出版社,2008.7
(高等学校教材·电子信息)

ISBN 978-7-302-17459-2

I. 智… II. ①王… ②张… ③张… III. ①智能仪器—理论—高等学校—教材 ②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(2008)第 056588 号

责任编辑:郑寅堃 顾 冰

责任校对:焦丽丽

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015; zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京四季青印刷厂

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:19.5 字 数:472 千字

版 次:2008 年 7 月第 1 版 印 次:2008 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:023579-01

编审委员会成员

东南大学	王志功	教授
南京大学	王新龙	教授
南京航空航天大学	王成华	教授
解放军理工大学	邓元庆	教授
	刘景夏	副教授
上海大学	方 勇	教授
上海交通大学	朱 杰	教授
	何 晨	教授
华中科技大学	严国萍	教授
	朱定华	教授
武汉理工大学	刘复华	教授
	李中年	教授
宁波大学	蒋刚毅	教授
天津大学	王成山	教授
	郭维廉	教授
中国科学技术大学	王煦法	教授
	郭从良	教授
	徐佩霞	教授
苏州大学	赵鹤鸣	教授
山东大学	刘志军	教授
山东科技大学	郑永果	教授
东北师范大学	朱守正	教授
沈阳工业学院	张秉权	教授
长春大学	张丽英	教授
吉林大学	林 君	教授
湖南大学	何怡刚	教授
长沙理工大学	曾喆昭	教授
华南理工大学	冯久超	教授
西南交通大学	冯全源	教授
	金炜东	教授
重庆工学院	余成波	教授
重庆通信学院	曾凡鑫	教授

重庆大学
重庆邮电学院

西安电子科技大学

西北工业大学
集美大学
云南大学
东华大学

曾孝平 教授
谢显中 教授
张德民 教授
彭启琮 教授
樊昌信 教授
何明一 教授
迟 岩 教授
刘惟一 教授
方建安 教授

改革开放以来,特别是党的十五大以来,我国教育事业取得了举世瞩目的辉煌成就,高等教育实现了历史性的跨越,已由精英教育阶段进入国际公认的大众化教育阶段。在质量不断提高的基础上,高等教育规模取得如此快速的发展,创造了世界教育发展史上的奇迹。当前,教育工作既面临着千载难逢的良好机遇,同时也面临着前所未有的严峻挑战。社会不断增长的高等教育需求同教育供给特别是优质教育供给不足的矛盾,是现阶段教育发展面临的基本矛盾。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2001年8月,教育部下发了《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》,提出了十二条加强本科教学工作提高教学质量的措施和意见。2003年6月和2004年2月,教育部分别下发了《关于启动高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作的通知》和《教育部实施精品课程建设提高高校教学质量和人才培养质量》文件,指出“高等学校教学质量和教学改革工程”是教育部正在制定的《2003—2007年教育振兴行动计划》的重要组成部分,精品课程建设是“质量工程”的重要内容之一。教育部计划用五年时间(2003—2007年)建设1500门国家级精品课程,利用现代化的教育信息技术手段将精品课程的相关内容上网并免费开放,以实现优质教学资源共享,提高高等学校教学质量和人才培养质量。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上;精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前

瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。首批推出的特色精品教材包括:

(1) 高等学校教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 高等学校教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 高等学校教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 高等学校教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 高等学校教材·信息管理与信息系统。

(6) 高等学校教材·财经管理与计算机应用。

清华大学出版社经过二十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

E-mail:dingl@tup.tsinghua.edu.cn

智能仪器是计算机技术与测量技术、仪器仪表技术相结合的产物。它具有传统仪器无法比拟的优点,在测量精度、速度、可靠性等方面有了根本性的改变。智能仪器广泛应用于测量、控制、通信、医学仪器以及科学研究等各个方面。近年来随着计算机技术、微电子技术的迅速发展,智能仪器又发生了巨大的变化,出现了全新一代智能仪器——虚拟仪器及网络化仪器,仪器硬件趋于采用嵌入式系统、片上系统 SoC 结构。新结构、新器件的采用极大地提高了智能仪器的品质及开发效率。

本书在系统阐述智能仪器的体系结构、工作原理、软硬件设计方法的基础上力求反映智能仪器中的新思想、新技术、新方法和新器件,同时应用了作者多年来从事智能仪器教学和科研、开发的体会。智能仪器是一门理论性与实践性很强的课程,在编写过程中重视理论与实际结合,在阐述基本原理的基础上,侧重讨论智能仪器设计、开发中的具体方法与技巧,在各章中给出了相应的设计实例。旨在使读者通过智能仪器的学习解决设计、开发中的实际问题。

全书共分 10 章。第 1 章为绪论,介绍智能仪器的结构、特点及发展状况。第 2 章介绍智能仪器主机电路中应用的 8051 内核、RAM 内核及 DSP 型单片机的结构特性及参数,并以 51 系列单片机为例介绍主机电路的构成方法。第 3 章阐述模拟量输入输出通道中功能部件(测量放大器、ADC、DAC、S/H 等)的结构及其接口原理;集成数据采集系统及高速数据缓存技术;开关量输入输出通道信号调理及开关量输出信号的驱动方法。第 4 章介绍键盘、LED/LCD 接口技术及可编程芯片的应用以及微型打印机及触摸屏的原理和接口设计。第 5 章介绍智能仪器通信接口总线(GP-IB、RS-232、PXI)的特性及接口设计和新型总线(如 USB、CAN、以太网、蓝牙技术)的性能及应用。第 6 章介绍干扰的来源及分类、智能仪器输入输出通道电源、地线系统及 CPU 的抗干扰技术。第 7 章阐述消除随机误差及系统误差的有效方法和实现量程变换、标度变换、故障自检的原理及程序设计。第 8 章主要介绍智能仪器的总体软件、键盘管理程序设计方法及整机调试步骤,并给出一个设计实例。第 9 章介绍智能 DVM、DMM 的结构、应用及设计过程,自由轴法 RLC 测量仪原理及典型产品,智能电子计数器的组成、原理及设计。第 10 章介绍虚拟仪器及网络化仪器的概念、特点及体系结构,并通过实例阐述虚拟仪器及网络化仪器的设计过程。

本书由长安大学王选民、张利川、张晓博编写,王选民编写第 1、3、4、7、8 章,张利川

编写第2、5章及9.4~9.7节,张晓博编写第6、10章及9.1~9.3节。王选民任主编,负责全书的策划、内容安排、文稿修改及审定工作。

由于作者水平有限,加之编写时间仓促,书中难免存在错误和不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2008年2月

第 1 章 绪论	1
1.1 智能仪器的诞生	1
1.2 智能仪器的结构及特点	2
1.2.1 智能仪器的结构	2
1.2.2 智能仪器的特点	3
1.3 智能仪器的发展	4
1.3.1 独立式智能仪器及 GP-IB 自动测试系统	4
1.3.2 个人仪器系统	5
1.3.3 VXI 总线仪器系统	6
1.3.4 虚拟仪器	7
1.3.5 网络化仪器	8
思考题与习题	8
第 2 章 智能仪器的主机电路	9
2.1 单片机概述	9
2.1.1 单片机的总线结构	9
2.1.2 指令系统及 CPU 架构	10
2.1.3 几类应用广泛的单片机	10
2.2 基于 80C51 内核的单片机	11
2.3 基于 ARM 内核的单片机	15
2.3.1 ARM 简介	15
2.3.2 ARM 内核的单片机	16
2.4 DSP 型单片机	18
2.5 带有不同专用接口的单片机	20
2.5.1 具有 USB 接口的单片机	20
2.5.2 具有以太网接口的单片机	20
2.5.3 具有 CAN 接口的单片机	21

2.6	80C51 单片机构成的主机电路	22
2.6.1	主机电路概述	22
2.6.2	80C51 系列单片机构成的主机电路	23
	思考题与习题	24
第3章	智能仪器的信号输入输出通道	25
3.1	测量放大器	25
3.1.1	测量放大器原理	25
3.1.2	测量放大器的使用	26
3.1.3	集成测量放大器	28
3.2	程控增益放大器	29
3.2.1	基本程控增益放大器	29
3.2.2	应用测量放大器实现的程控增益放大器	30
3.2.3	集成程控增益放大器	31
3.3	模拟量输入通道	32
3.3.1	模拟量输入通道的结构	32
3.3.2	A/D 转换器的性能指标	34
3.3.3	逐次比较型 ADC 与微机的接口	35
3.3.4	积分式 ADC 与微机的接口	39
3.3.5	Σ - Δ 型 ADC 及其与微机的接口	42
3.3.6	模拟量输入通道的其他器件	47
3.3.7	模拟量输入通道设计	51
3.4	模拟量输出通道	53
3.4.1	模拟量输出通道的结构	53
3.4.2	D/A 转换器的特性	53
3.4.3	D/A 转换器与微机的接口	55
3.4.4	数字波形合成技术	59
3.5	数据采集系统	61
3.5.1	数据采集系统集成电路	61
3.5.2	高速数据缓存技术	65
3.6	开关量输入通道	70
3.6.1	开关量输入通道的结构	70
3.6.2	开关量输入信号的调理	70
3.7	开关量输出通道	71
3.7.1	开关量输出通道的基本组成	71
3.7.2	开关量输出驱动电路	72
	思考题与习题	74

第 4 章 智能机器人-机接口技术	76
4.1 键盘接口技术	76
4.1.1 键抖动、键连击及串键的处理	76
4.1.2 键盘的结构及控制方式	78
4.1.3 非编码式键盘接口	80
4.1.4 编码式键盘接口	84
4.2 LED 显示器接口技术	84
4.2.1 七段 LED 显示器及接口	85
4.2.2 点阵式 LED 显示器及接口	88
4.3 可编程键盘/显示器接口电路	89
4.3.1 可编程键盘/显示器接口电路 8279	89
4.3.2 串行接口 LED 驱动器 MAX7219	96
4.4 LCD 显示器接口技术	102
4.4.1 液晶显示器的原理及驱动方式	102
4.4.2 段式 LCD 显示器接口	104
4.4.3 点阵式 LCD 显示器接口	105
4.5 微型打印机接口技术	114
4.5.1 TP μ P-40B 的性能及接口信号	114
4.5.2 TP μ P-40B 字符代码及打印命令代码	115
4.5.3 TP μ P-40B 接口方法及管理程序	116
4.6 触摸屏技术	119
4.6.1 触摸屏的结构及特点	119
4.6.2 触摸屏控制器 ADS7843 及其与微机的接口	123
思考题与习题	126
第 5 章 智能仪器的标准数据通信接口	128
5.1 GP-IB 通用并行接口总线	128
5.1.1 GP-IB 接口总线概述	128
5.1.2 总线结构	129
5.1.3 三线联络过程	130
5.1.4 基本接口功能	131
5.1.5 接口消息及其编码	132
5.2 GP-IB 接口设计	134
5.2.1 可编程 GP-IB 接口芯片 TMS-9914A	134
5.2.2 应用 TMS-9914A 进行接口设计	138
5.3 PXI 总线技术	140
5.3.1 PXI 总线概述	140
5.3.2 PXI 总线系统的规范	141

5.4	串行通信总线	144
5.4.1	串行通信的基本方式	144
5.4.2	RS-232C 串行通信总线标准	145
5.5	串行通信接口设计	148
5.6	其他总线技术	151
5.6.1	以太网接口	151
5.6.2	现场总线 CAN	152
5.6.3	蓝牙技术	153
5.6.4	USB 总线	153
	思考题与习题	155
第 6 章	智能仪器抗干扰技术	156
6.1	干扰的来源及分类	156
6.1.1	干扰的来源	156
6.1.2	干扰的传播途径	157
6.2	串模及共模干扰的抑制	158
6.2.1	串模及共模干扰	158
6.2.2	串模干扰的抑制	160
6.2.3	共模干扰的抑制	161
6.3	信号输入输出通道干扰的抑制	163
6.3.1	干扰隔离器件	163
6.3.2	信号输入输出的隔离	164
6.4	电源系统干扰的抑制及仪器接地技术	167
6.4.1	电源所致干扰的抑制	167
6.4.2	接地技术	168
6.5	CPU 抗干扰技术	169
6.5.1	软件陷阱技术	169
6.5.2	“看门狗”技术	170
	思考题与习题	172
第 7 章	智能仪器的数据处理与自动化技术	173
7.1	随机误差的校正	173
7.1.1	消除脉冲干扰的数字滤波法	174
7.1.2	抑制小幅度高频噪声的数字滤波法	176
7.1.3	复合滤波法	178
7.1.4	数字低通滤波法	180
7.1.5	自相关滤波及互相关滤波	182
7.2	系统误差的校正	183
7.2.1	利用误差模型校正系统误差	184

7.2.2	利用校准数据表校正系统误差	185
7.2.3	利用校正函数校正系统误差	186
7.2.4	利用代数插值法校正系统误差	186
7.2.5	利用最小二乘法校正系统误差	189
7.3	量程自动转换技术	191
7.3.1	量程自动转换原理	192
7.3.2	量程上、下限的确定	193
7.3.3	量程自动转换性能的提高	193
7.4	测量数据的标度变换	195
7.4.1	线性标度变换	195
7.4.2	非线性标度变换	196
7.5	故障自检技术	196
7.5.1	故障自检方式	196
7.5.2	自检项目	197
7.5.3	自检软件	201
	思考题与习题	203
第 8 章	智能仪器的设计	204
8.1	智能仪器的设计原则	204
8.1.1	智能仪器设计的基本要求	204
8.1.2	智能仪器的设计原则	205
8.2	智能仪器的研制步骤	206
8.2.1	确定设计任务、拟定设计方案	206
8.2.2	硬件和软件的设计	208
8.2.3	系统调试和性能测试	208
8.3	智能仪器的软件设计	209
8.3.1	智能仪器的软件设计方法	209
8.3.2	智能仪器的软件结构	211
8.3.3	监控主程序	212
8.3.4	键盘管理程序	213
8.4	智能仪器的调试	223
8.4.1	调试过程	223
8.4.2	硬件静态调试	224
8.4.3	软件调试	224
8.4.4	动态在线调试	224
8.5	智能仪器设计实例	226
8.5.1	检测系统总体设计	226
8.5.2	硬件电路设计	227
8.5.3	软件设计	230

思考题与习题	232
第 9 章 基于电压和频率测量的智能仪器	233
9.1 智能数字电压表的结构及实例	233
9.1.1 智能数字电压表的结构及技术指标	233
9.1.2 智能数字电压表实例	237
9.2 智能数字多用表原理	240
9.2.1 智能数字多用表的结构	240
9.2.2 交流/直流转换器	241
9.2.3 欧姆转换器及电流转换器	244
9.3 智能数字多用表设计	245
9.3.1 智能数字多用表组成结构	246
9.3.2 电压、电流、电阻量程转换电路	246
9.3.3 软件流程	247
9.4 智能 RLC 测量仪原理及实例	249
9.4.1 自由轴法测量原理	250
9.4.2 正弦信号源与相敏检波器	252
9.4.3 智能 RLC 测量仪实例	253
9.5 通用电子计数器测量原理及组成	256
9.5.1 通用电子计数器测量原理	256
9.5.2 通用电子计数器的基本组成	258
9.6 提高频率测量精度的方法	261
9.6.1 多周期同步测量技术	262
9.6.2 内插扩展技术	263
9.7 智能电子计数器的设计	264
9.7.1 ICM7226 芯片介绍	264
9.7.2 应用 ICM7226 设计智能频率计	267
思考题与习题	269
第 10 章 虚拟仪器及网络化仪器	271
10.1 虚拟仪器概述	271
10.1.1 虚拟仪器的基本概念	271
10.1.2 虚拟仪器的发展过程	272
10.1.3 虚拟仪器的特点	273
10.2 虚拟仪器的组成	273
10.2.1 虚拟仪器的硬件	273
10.2.2 虚拟仪器的软件	275
10.3 应用 LabVIEW 进行虚拟仪表设计	276
10.3.1 LabVIEW 基本概念	276

10.3.2	LabVIEW 的数学分析与信号处理	277
10.3.3	虚拟仪器设计实例	278
10.4	网络化仪器	282
10.4.1	网络化仪器的诞生	282
10.4.2	网络化仪器的体系结构	282
10.4.3	网络化仪器的两种组建模式	284
10.4.4	网络化虚拟仪器的开发实例	286
	思考题与习题	289
	参考文献	290

绪论

本章首先介绍智能仪器诞生的背景,然后重点阐述智能仪器的基本结构及特点,最后扼要介绍智能仪器发展过程中的 GP-IB 自动测试系统、个人仪器及系统、VXI 总线仪器系统、虚拟仪器、网络化仪器的概念及特点。

1.1 智能仪器的诞生

在微处理器出现之前,电子仪器的发展经历了两代,第一代为模拟式(又称指针式)仪器,如指针式电压表、电流表及功率表等,它们以电磁测量为基本原理。模拟式仪器的主要缺点是功能简单、精度低、响应速度慢。第二代为数字式仪器,如数字电压表、数字功率计、数字频率计等。它的基本特点是将被测模拟信号转换成数字信号进行测量,测量结果以数字形式输出显示。数字式仪器测量精度高、响应速度快、读数清晰、直观,测量结果可打印输出,也容易与计算机技术相结合。同时由于数字信号便于远距离传输,所以数字式仪器也适于遥测遥控。

随着微电子技术的发展,1971 年世界上出现了第一个微处理器芯片(美国 Intel 公司 4004 型微处理器芯片)。由微处理器芯片所构成的微型计算机(简称微机),不仅具有计算机通常具有的运算、判断、记忆、控制功能,而且还具有功耗低、体积小、可靠性高、价格低廉等优点。因此微型计算机得到了迅速的发展,其应用领域也越来越广泛。在仪器科学与技术领域,人们将微型计算机技术与测量技术相结合出现了完全突破传统概念的新一代仪器——智能仪器,它是电子仪器发展史上的第三代产品。智能仪器是含有微型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,具有一定智能的作用(表现为智能的延伸或加强等),因而被称为智能仪器。智能仪器的出现对仪器仪表的发展以及科学实验研究产生了深远影响,是仪器设计的里程碑。

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 年国际测量联合会以“智能仪器”为主题召开了专门的讨论会,1988 年国际自动控制联合会在其当年的理事会上正式确定“智能元件及仪器”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。以后,在国内外的学术会议上,以智能仪器为内容的研讨已层出不穷。近年来,智能仪器已开始从较为成熟的数据处理向知识处理发展,它体现为模糊判断、故障诊断、容错技术、传感器融合、机件