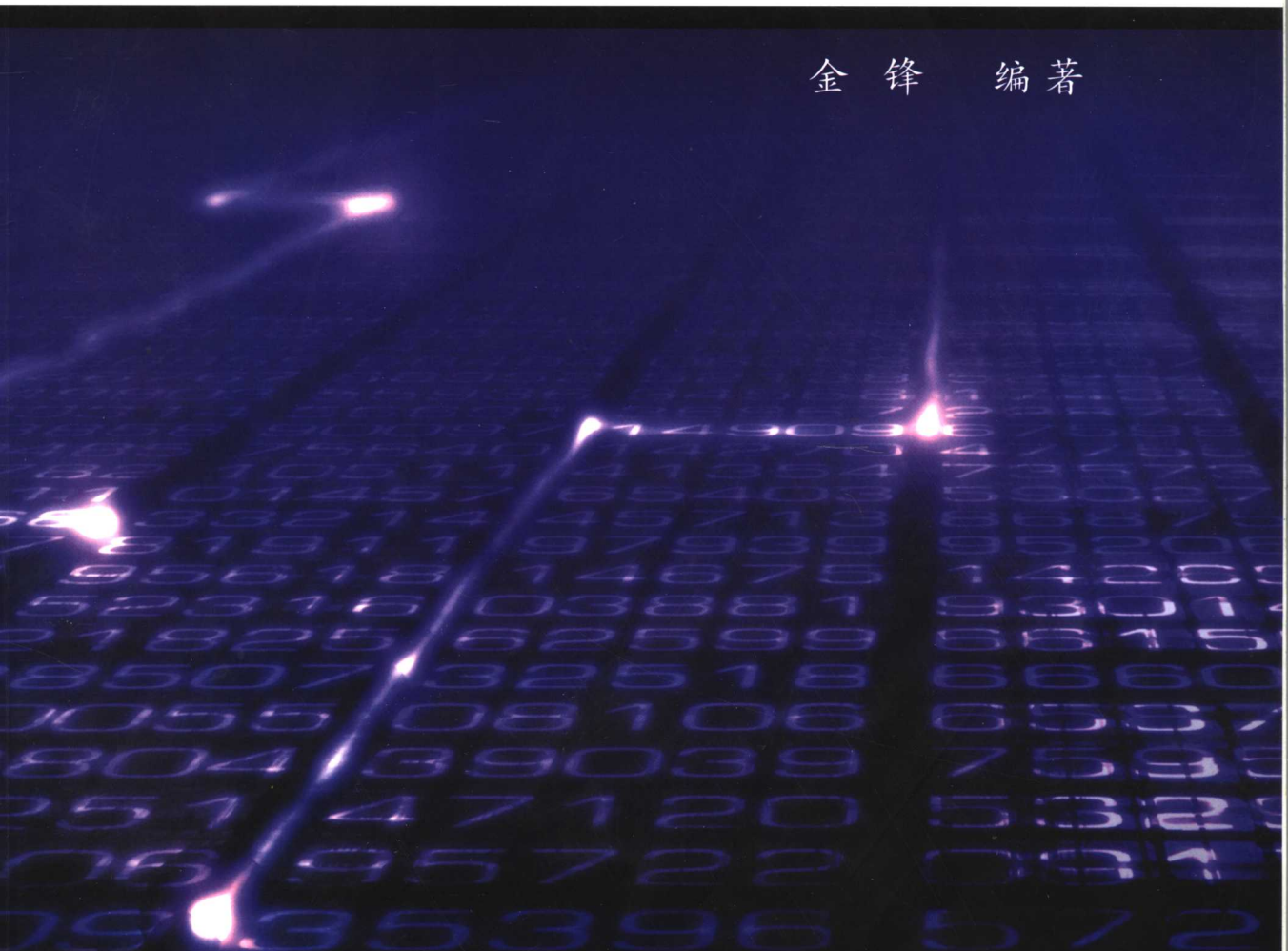




高等学校电子信息类专业规划教材

智能仪器设计基础

金锋 编著



清华大学出版社
[Http://www.tup.tsinghua.edu.cn](http://www.tup.tsinghua.edu.cn)



北京交通大学出版社
[Http://press.bjtu.edu.cn](http://press.bjtu.edu.cn)



21 世纪高等学校电子信息类专业规划教材

智能仪器设计基础

金 锋 编著

清华大学出版社
北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书内容共分8章。第1章绪论主要介绍智能仪器基本组成及其特点;第2章介绍智能仪器中微机系统设计及扩展接口方法;第3章介绍智能机器人-机接口技术;第4章介绍智能仪器的数据采集系统设计;第5章介绍智能仪器的输出及执行装置的接口技术;第6章介绍智能仪器的串行通信和并行通信接口技术以及串行总线;第7章介绍智能仪器设计中的智能化技术;第8章介绍智能仪器设计的典型实例。为使理论联系实际,书中含有一些设计实例,每章皆有思考与练习题。

本书内容丰富,结构紧凑,实用性强。适用于高等院校检测技术与自动化装置、工业自动化、测控技术与仪器、计算机应用、通信工程、电子信息等专业的本科生、研究生及从事智能仪器开发、设计及应用方面的工程技术人员。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

智能仪器设计基础/金锋编著. —北京:清华大学出版社;北京交通大学出版社,2005.7
(21世纪高等学校电子信息类专业规划教材)

ISBN 7-81082-591-7

I. 智… II. 金… III. 智能仪器-设计-高等学校-教材 IV. TP232

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第087500号

责任编辑:周益丹 特邀编辑:孙江宏

出版者:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969

北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414

印刷者:北京鑫海金澳胶印有限公司

发行者:新华书店总店北京发行所

开本:185×260 印张:14.75 字数:356

版次:2005年8月第1版 2005年8月第1次印刷

书号:ISBN 7-81082-591-7/TP·217

印数:1~4 000册 定价:20.00元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。
投诉电话:010-51686043,51686008;传真:010-62225406;E-mail:press@center.bjtu.edu.cn。

前 言

智能仪器是微机技术、电子技术与信息技术相结合的产物,随着新技术、新器件应用领域的扩大,智能仪器已成为现代仪器仪表发展的主流。

本书是笔者在总结智能仪器的教学和科研成果基础上,在查阅和参考很多资料后编写的。本书全面系统地介绍智能仪器体系结构、软硬件设计原理和方法,力求反映近年来智能仪器领域的技术进步和发展方向。

本书共分8章。第1章绪论,介绍仪器仪表的发展历史、智能仪器的结构、特点、工作原理及研制步骤;第2章介绍智能仪器中微机系统及接口设计;第3章介绍智能机器人-机接口技术;第4章介绍智能仪器的数据采集系统设计;第5章介绍智能仪器的输出及执行装置的接口技术;第6章介绍智能仪器的串行通信、并行通信和串行总线,包括RS-232C接口、RS-485接口、 I^2C 总线、单总线、USB总线和HART协议;第7章介绍智能仪器中自检、自动测量,克服随机误差和系统误差方法等智能化技术;第8章结合实际介绍了4种智能仪器设计实例。本书每章皆有思考与练习题,以便复习。

本书适用于高等院校自动化、测控技术与仪器、通信工程、计算机应用、电子信息等专业本科生、研究生及从事智能仪器开发、设计及应用方面的工程技术人员。

本书编写注重理论联系实际,在讲清基本原理的基础上,着重讨论在智能仪器设计过程中所涉及的具体方法和技巧;在编排上集中讨论智能仪器的基础及实际的设计技术;在内容上,其基础部分强调系统性和先进性,其智能仪器原理与设计部分注重反映有实用价值的核心技术和反映智能仪器最新发展的实际内容。为符合微机发展的趋势和目前我国高等院校微机课程教学内容的现状,本书论述以MSC-51单片机为背景的智能仪器。

本书由王向周教授主审,对书稿作了认真的审查,提出了宝贵的修改意见。在编写过程中,得到了李庆常教授、廖晓钟教授、张玉平教授、张宝芬教授的关心和指导。在资料收集、录入、校稿和绘图等方面,得到了盛涛、王文松、崔卉、魏楠、王小兵、沈昀等同志的大力协助。清华大学出版社和北京交通大学出版社为本书出版做了大量细致工作。在此一并表示诚挚的谢意。

由于作者水平有限,加之编写时间仓促,书中难免有错误和不足,敬请读者批评指正。

编 者

2005.6

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 仪器仪表的发展	1
1.2 智能仪器的基本组成	2
1.3 智能仪器的特点	3
1.4 智能仪器的研制步骤	4
1.4.1 确定任务、拟制设计方案	4
1.4.2 硬件、软件研制及仪器结构设计	5
1.4.3 仪器总调、性能测定	6
思考与练习题 1	7
第 2 章 微机系统设计	8
2.1 最小微机系统	8
2.2 微机系统存储器扩展技术	9
2.2.1 概述	9
2.2.2 存储器的扩展	9
2.3 基本的 I/O 口扩展技术	13
2.3.1 用 74LS244 扩展 8 位并行输入口	13
2.3.2 用 74LS373 扩展 8 位并行输入口	14
2.3.3 用 74LS377 扩展 8 位并行输出口	15
2.3.4 用 74LS273 扩展 8 位并行输出口	15
2.4 8255 可编程 I/O 接口及扩展技术	16
2.4.1 8255A 的结构	16
2.4.2 8255A 的工作方式	18
2.4.3 8255A 与 89C51 单片微机的接口及应用	19
2.5 8155 可编程 I/O 接口及扩展技术	20
2.5.1 8155 芯片的结构	21
2.5.2 RAM 和 I/O 口寻址方法	22
2.5.3 8155 寄存器的功能	23
2.5.4 8155 定时器	25
2.5.5 89C51 和 8155 的接口方法	27
思考与练习题 2	27
第 3 章 人-机接口技术	28
3.1 显示器及其接口	28
3.1.1 LED 显示器结构	28
3.1.2 LED 显示器工作原理	28

3.1.3	LED显示器接口实例	29
3.2	LCD显示器及其接口	31
3.2.1	LCD显示器的工作原理	31
3.2.2	LCD显示器的驱动方式	31
3.2.3	LCD显示器与单片机的接口	33
3.2.4	LCD显示模块及应用	35
3.3	键盘及其接口	42
3.3.1	键盘结构和类型	42
3.3.2	抖动和串键	43
3.3.3	非编码式键盘接口电路	43
3.3.4	编码式键盘接口电路	45
3.4	打印机及其接口	54
3.4.1	打印原理	54
3.4.2	GP-16微型打印机接口	54
3.5	拨盘及其接口	57
3.5.1	BCD码拨盘	57
3.5.2	BCD码拨盘与89C51的接口	58
	思考与练习题3	60
第4章	数据采集系统设计	61
4.1	概述	61
4.2	测量放大器	62
4.2.1	基本要求	62
4.2.2	通用测量放大器	63
4.2.3	可编程测量放大器	64
4.2.4	测量放大器的技术指标	64
4.3	模拟多路开关(MUX)	65
4.3.1	模拟多路开关的功能	65
4.3.2	模拟多路开关的配置	66
4.3.3	器件实例	66
4.3.4	多级使用	69
4.3.5	模拟多路开关对系统精度的影响	71
4.4	采样保持电路	71
4.4.1	采样保持电路功能及原理	71
4.4.2	采样保持电路在数据采集系统中的应用	73
4.5	A/D转换器接口设计	74
4.5.1	A/D转换器的主要技术指标	75
4.5.2	与单片机接口考虑	76
4.5.3	抑制系统误差的方法	76
4.6	逐次比较式A/D转换器及其接口	78

4.6.1	ADC0809 及其接口	78
4.6.2	A/D574 及其接口	82
4.7	双积分 A/D 转换器及其接口	87
4.7.1	5G14433 及其接口	87
4.7.2	ICL7135 及其接口	89
4.8	单片数据采集系统的原理与应用	99
4.8.1	TC534 的性能特点	100
4.8.2	TC534 的工作原理	100
4.8.3	编程方法	102
4.8.4	四通道数据采集系统的设计	103
	思考与练习题 4	104
第 5 章	输出及执行装置的接口技术	105
5.1	概述	105
5.1.1	模拟量输出系统的特点	105
5.1.2	输出系统的结构	105
5.1.3	输出系统应解决的问题	106
5.2	D/A 转换器及其接口	106
5.2.1	D/A 转换器主要性能指标	106
5.2.2	DAC0832 及其接口	107
5.2.3	DAC1208 及其接口	116
5.3	继电器控制接口技术	119
5.3.1	继电器工作原理	119
5.3.2	继电器控制接口及应用	119
5.4	步进电机控制接口技术	122
5.4.1	步进电机的工作原理	122
5.4.2	步进电机控制系统	123
5.4.3	步进电机控制程序的设计	129
	思考与练习题 5	132
第 6 章	通信接口技术	134
6.1	串行通信接口	134
6.1.1	串行通信基本方式	134
6.1.2	串行通信协议	135
6.1.3	RS-232、RS-485 通信标准接口	136
6.1.4	智能仪器与计算机通信实例	142
6.2	I ² C 总线	143
6.2.1	I ² C 总线的常用术语	144
6.2.2	位传送及数据的有效性	145
6.2.3	开始和结束信号	146
6.2.4	I ² C 总线数据传送	146

6.2.5	I ² C 总线和时钟同步	147
6.2.6	I ² C 总线竞争	147
6.2.7	I ² C 数据格式	148
6.2.8	I ² C 总线寻址	148
6.2.9	I ² C 总线定时	150
6.3	单总线	151
6.3.1	单总线的电路接法	151
6.3.2	单总线命令序列	151
6.3.3	单总线信号方式	153
6.3.4	单总线 ROM 搜索实例	156
6.4	USB 总线	158
6.4.1	USB 的特点与基本特性	158
6.4.2	USB 通信流	160
6.4.3	USB 的传输方式	161
6.4.4	USB 交换的包格式	162
6.5	HART 协议	164
6.5.1	HART 协议的物理层技术规范	165
6.5.2	HART 协议数据链路层协议规范	165
6.5.3	HART 协议应用层规范	167
6.6	并行通信接口	167
6.6.1	IEEE-488 标准	167
6.6.2	并行通信接口器件	173
思考与练习题 6		174
第 7 章 智能化技术		175
7.1	故障自动检测及诊断	175
7.1.1	常用的自检方式	175
7.1.2	自检项目	176
7.1.3	自检软件	178
7.2	克服随机误差的数字滤波法	180
7.2.1	程序判断法	180
7.2.2	中位值滤波法	181
7.2.3	算术平均滤波法	182
7.2.4	递推平均滤波法	182
7.2.5	加权递推平均滤波法	183
7.2.6	一阶惯性滤波法	184
7.2.7	复合滤波法	185
7.3	消除系统误差的软件算法	186
7.3.1	系统误差的模型校正法(非线性校正)	186
7.3.2	系统误差的标准数据校正法	193

7.3.3 仪器零位误差和增益误差的校正方法	194
7.3.4 传感器温度误差的校正方法	195
7.4 消除粗大误差的软件算法	195
思考与练习题 7	196
第 8 章 智能仪器设计实例	197
8.1 数字频率计的设计	197
8.1.1 系统组成与设计方案的	197
8.1.2 频率计程序框图	197
8.1.3 频率计程序设计	199
8.2 糖化试验器的设计	202
8.2.1 系统的硬件组成	202
8.2.2 系统的控制方法	205
8.2.3 系统软件设计	206
8.3 校准源的设计	207
8.3.1 校准源	207
8.3.2 SFX-2000 型双通道直流校准源	208
8.3.3 SFX-2000 的模块化结构软件	214
8.4 超声波测距仪的设计	218
8.4.1 SB5227 型超声波测距专用集成电路	218
8.4.2 超声波测距仪的设计	220
8.4.3 超声波测距网络系统的构成	224
思考与练习题 8	224
参考文献	225

第 1 章 绪 论

1.1 仪器仪表的发展

仪器仪表是在人们认识客观世界、探索自然规律和进行工业化生产中必需的工具和物质手段。仪器仪表技术既是现代科技的前沿技术,也是信息产业的关键技术、基础和源头。在现代科学领域中,离不开先进仪器仪表的应用。

19 世纪以来,出现了许多描述物理现象的定律,它们都需要相应的电测仪器、仪表来定量地加以验证,因此发明了基于物理定理的模拟式仪表。这些仪表中最典型的有伏特表、安培表、功率表和测温表等磁电式模拟仪器仪表。20 世纪初至 50 年代,出现了电子管等新的电子器件,同时,随着电子技术与控制技术的发展,又出现了电子仪器仪表,产生了以记录仪、电子示波器、信号发生器等为代表的电子式模拟仪器。这些磁电式和电子式模拟仪器仪表统称为第一代仪器仪表——模拟式仪器仪表。

随着集成电路的出现,数字技术在测量中获得了成功的应用。20 世纪 60 年代出现了以集成电路芯片为基础的第二代仪器仪表——数字式仪器仪表,如数字电压表、数字电流表、数字频率计、记忆示波器等。这类仪器仪表的特点是将模拟信号的测量转变为数字信号的测量,并以数字方式显示和输出测量结果,适用于快速响应和高精度的要求,还可以将数据通过接口输入计算机处理。

随着单片机的问世,20 世纪 70 年代出现了内含微处理器的第三代仪器仪表——智能仪器仪表。智能仪器仪表不仅能完成某些测量任务,还能进行各种复杂的数据运算处理,且能适应被测参数的变化,进行自动补偿、自动选择量程、自动校准、自寻故障、自动进行指标判断与分选以及进行逻辑操作、定量控制与程序控制等工作。

随着新型单片机和大规模可编程集成器件的出现,新研制生产的智能仪器仪表不断产生,并且正在逐渐取代传统的仪器仪表。

随着微电子技术与计算机技术的飞速发展,测试技术与计算机深层次的结合正引起仪器仪表领域里一场新的革命,一种全新的仪器结构概念导致第四代仪器仪表——虚拟仪器仪表和网络化仪器仪表的出现。

20 世纪 80 年代,美国国家仪器公司(NI)首先提出了“虚拟仪器”(Virtual Instrument, VI)的概念。虚拟仪器就是以通用计算机为基础,加上特定的硬件接口设备和为实现特定功能而编制的软件而形成的一种新型仪器。其中,硬件接口模块包括数据采集卡(DAQ)、串/并口、IEEE488 接口(GPIB)卡、VXI 控制器以及其他接口卡。它们主要完成被测输入信号的采集、放大、模数转换以及输出信号的数模转换等功能。当硬件确定以后,用户可以通过不同测试功能的软件模块(如用于数据分析、过程通讯及图形用户界面的软件)的组合来实现不同的功能。软件是虚拟仪器的关键,因此从某种意义上可以说:“软件就是仪器”。

1978年,通用仪器总线 GPIB 问世,实现了将 14 台仪器用 GPIB 总线连接成为一个系统,这可以说是网络化仪器系统的雏形。以后又出现了 VXI 总线、现场控制总线等,可以将更多的仪器连成一个测控系统。但是这些都还不是现代意义上的网络化仪器测试系统。随着 Internet 的出现及其十分迅速地渗透到社会生活的各个领域,对各种传统产业产生了巨大冲击。在测量测试领域,可以将仪器、昂贵的外围设备、测试对象以及数据库等资源纳入网络,实现资源共享,共同完成测试任务。网络时代测量仪器的特点之一就是,人们可以把信息系统与测量系统通过 Internet 连接起来,做到资源共享,高效完成复杂艰巨的测量控制任务。

测量系统一般由数据采集、数据分析和数据表示三个部分组成,当将这三个位于不同地理位置的部分由网络连起来完成测试任务的时候,就可以形成网络化仪器。在网络化仪器中,被测对象可通过测试现场的数据采集设备,将测得的数据或信息通过网络传输给异地的微机化仪器去分析处理,分析后的结果又可被执行机构查询使用,使数据采集、传输、处理分析成为一体,甚至实现实时采集、实时监测。这里,测试网络的总功能将远远大于系统中各独立个体的功能之和。

网络仪器的最大特点就是可以实现资源共享,使一台仪器为更多的用户所使用,降低了测试系统的成本。对于环境恶劣的数据采集工作可实行远程采集,将采集的数据放在服务器中供用户使用。重要的数据实行多机备份,能够提高系统的可靠性。另外,网络可以使测试人员不受时间和空间的限制,随时随地获取所需的信息。同时网络化测试系统还可以实现测试设备的远距离测试与诊断,提高测试效率,减少测试人员的工作量。而且,网络化仪器进行修改、扩展十分方便。

1.2 智能仪器的基本组成

智能仪器由硬件和软件两大部分组成。

硬件部分包括微机系统、输入通道、输出通道、人-机对话通道及通信接口,其基本组成如图 1-1 所示。现对图中主要部分分别表述如下。

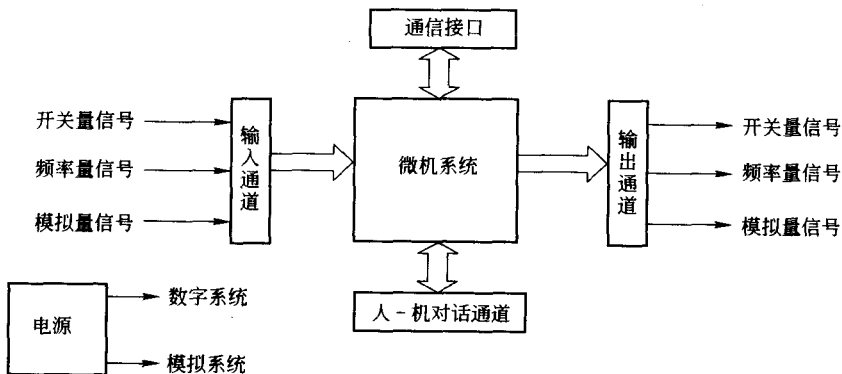


图 1-1 智能仪器基本组成

(1) 微机系统

单片机芯片配以必要的外部器件就能构成最小微机系统。对于较复杂的智能仪器,需较大的存储器容量和较多的 I/O 接口,单片机能提供很强的扩展能力,可以直接与外部存储器和 I/O 接口电路相连接,构成功能较强、规模较大的微机系统。

(2) 输入通道

输入通道是微机系统与采集对象相连接的部分。由于所采集的对象不同,有关量信号、频率量信号、模拟量信号。而这些信号都是安放在测量现场的传感器或变换装置产生的,许多参量信号不能满足微机系统输入的要求,需要形式多样的信号变换和调节电路,如放大电路、整形电路、A/D 转换电路等。

(3) 输出通道

根据输出控制的不同要求,输出通道电路是多种多样的,有 D/A 转换电路、放大隔离电路等,其输出信号有模拟量信号、开关量信号和频率量信号。

(4) 人-机对话通道

智能仪器中的人-机对话是用户为了对智能仪器进行干预及了解智能仪器运行状态所设置的通道。人-机对话通道所配置的设备主要有:键盘、显示器和打印机等。

(5) 通信接口

通信接口的作用是实现智能仪器与外部系统相联系,需符合通信总线规定的标准。通常采用 RS-232 标准、RS-485 标准和 IEEE-488 标准。具有远距离数据通信功能,便于组成测控网络。

智能仪器的软件部分包括监控程序和接口管理程序两部分。监控程序是面向仪器面板键盘和显示器的管理程序,其内容包括:通过键盘输入命令和数据,以对仪器的功能、操作方式与工作参数进行设置;根据仪器设置的功能和工作方式,控制 I/O 接口电路进行数据采集、存储;按照仪器设置的参数,对采集的数据进行相关处理;以数字、字符等形式显示测量结果、数据处理结果及仪器的状态信息。接口管理程序是面向通信接口的管理程序,其内容是接收并分析来自通信接口总线的远控命令,包括描述有关功能、操作方式与工作参数的代码;进行有关的数据采集与数据处理;通过通信接口送出仪器的测量结果、数据处理结果及仪器的现行工作状态信息。

1.3 智能仪器的特点

智能仪器将人工智能的理论、方法和技术应用于仪器,使其成为具有类似人的智能特性或功能的仪器。为了实现这种特性或功能,智能仪器中一般都使用嵌入微处理器的系统芯片(SOC)、数字信号处理器(DSP)或专用电路(ASIC),仪器内部带有处理能力很强的智能软件。仪器仪表已不再是简单的硬件实体,而是硬件、软件相结合的新型仪器,软件在仪器智能高低方面起重要作用。

仪器与微处理器相结合,取代了许多笨重的硬件,内部结构和前面板大为改观,节省许多开关和调节旋钮。微处理器通过键盘或遥控接口接受命令和信号,并用来控制仪器的运行,执行常规测量,对数据进行智能分析和处理、数字显示或传送,这是传统的模拟方法很难做到的。智能仪器具有如下特点。

(1) 采集信息:借助于传感器和变送器,按处理器的要求采集电量和非电量。

(2) 与外界对话:使用智能接口进行人机对话及与外部仪器设备对话,接入自动测试系统,甚至接入 Internet。另一方面,使用者借助面板上的键盘和显示屏,可用对话方式选择测量功能、设置参数。当然,通过显示器等也可获得测量结果。

(3) 记忆信息:智能仪器的存储器既用来存储测量程序、相关的数学模型以及操作人员输入的信息,又用来存储以前和现在测得的各种数据。

(4) 处理信息:按设置的程序对测得的数据进行算术运算,求均值、对数、方差、标准偏差等数学运算 FFT 变换,求解代数方程,进行比较、判断、推理等。

(5) 控制:以分析、比较和推理的结果输出相应的控制信息。

(6) 自检自诊断:自检(自测试)程序对仪器自身各部分进行检测,验证能否正常工作。若工作正常,则显示通过信息或发出相应声音;否则,运行自诊断程序,进一步检查仪器的哪一部分出了故障,并显示相应的信息。若仪器中考虑了替换方案,则经内部协调和重组还可自动修复。

(7) 自补偿自适应:智能仪器能适应外界的变化。比如,能自动补偿环境温度、压力等对被测量值的影响,能补偿输入的非线性,并根据外部负载的变化自动输出与其匹配的信号等等。

(8) 自校准自学习:智能仪器常常通过自校准(校准零点、增益等)来保证自身的准确度。不仅如此,它们还能通过自学习学会处理更多更复杂的测控程序。

1.4 智能仪器的研制步骤

研制一台智能仪器大致上可以分为三个阶段:确定任务、拟制设计方案阶段;硬件、软件研制及仪器结构设计阶段;仪器总调、性能测定阶段。详细过程如图 1-2 所示。

1.4.1 确定任务、拟制设计方案

1.4.1.1 确定设计任务和仪器功能

首先确定仪器所要完成的任务和应具备的功能。例如仪器是用于过程控制还是数据处理,其功能和精度如何;仪器输入信号的类型、范围和处理方法;过程通道为何种结构形式,通道数是多少,是否需要隔离;仪器的显示格式如何,是否需要打印输出;仪器是否具有通信功能,并行还是串行;仪器的成本应控制在多少范围之内等等,以此作为仪器软、硬件的设计依据。另外,对仪器的使用环境情况及制造维修的方便性要给予充分注意。设计人员在对其功能、可维护性、可靠性及性能价格比综合考虑的基础上,提出仪器设计的初步方案,并将其写成“仪器功能说明书(或设计任务书)”的形式。功能说明书主要有以下三个作用:

- (1) 作为用户和研制单位之间的合约,或研制单位设计开发仪器的依据。
- (2) 规定仪器的功能和结构,作为研制人员设计硬件、编制软件的基础。
- (3) 作为将来验收时的依据。

1.4.1.2 完成总体设计,确定硬件类型和数量

通过调查研究对方案进行论证,以完成智能仪器的总体设计。在此期间应绘制仪器系统总图和软件总框图,拟订详细的工作计划。完成总体设计之后,便可将仪器的研制任务按

功能模块分解成若干课题(子任务),去做具体的设计。

主机电路是智能仪器的核心,为确保仪器的性能指标,在选择单片机(或其他微处理器)时,需考虑字长和指令功能寻址范围与寻址方式,位处理和中断处理能力,定时计数和通信功能,内部存储器容量的大小,硬件配套是否齐全,以及芯片的价格等等。典型的单片机有 Intel 公司的 MCS-51/52、MCS-96 等系列, Motorola 公司的 MC6805、MC68HC05、MC68C11、MC68HC16 等系列。在内存容量要求不大、外部设备要求不多的智能仪器中,采用 8 位单片机较为适宜。若要求仪器运算功能强、处理精度高、运行速度快,则可选用 16 位单片机。本书以国内应用最普遍的 MCS-51 单片机为例进行介绍。

在智能仪器所需的硬件中,输入输出通道往往占有很大的比重,因此在估计和选择输入输出所需的硬件时,应考虑输入输出通道数,串行操作还是并行操作,数据的字长、传输速率及传输方式等等。

由于硬件和软件具有互换性,设计人员要反复权衡仪器硬件和软件的比例。

多使用硬件可以简化软件设计工作,并使装置的性能得到改善。然而,这样会增加元器件数,成本相应提高。若采用软件来代替一部分硬件功能,虽可减少元器件数,但将增加编程的复杂性,并使系统的速度相应降低。所以,应当从仪器性能、软件成本、软件费用、研制周期等各方面考虑,对硬、软件比例做出合理的安排,从而确定硬件的类型和数量。

1.4.2 硬件、软件研制及仪器结构设计

1.4.2.1 硬件电路设计、研制和调试

硬件电路的设计包括主机电路、过程输入输出通道、人机接口电路和通信接口电路等功能模板。为提高设计质量,加快研制速度,通常采用计算机辅助设计(CAD)方法绘制电路逻辑图和布线图。设计电路时尽可能采用典型线路,力求标准化;电路中的相关器件性能需匹配;扩展器件较多时需设置线路驱动器;为确保仪器能长期可靠运行,还需采取相应的抗干扰措施,包括去耦滤波、合理走线、通道隔离等。

完成电路设计、绘制好布线图后,应反复核对,确认线路无差错,才可加工印刷电路板。制成电路板后仍需仔细核查,以免发生差错,损坏器件。

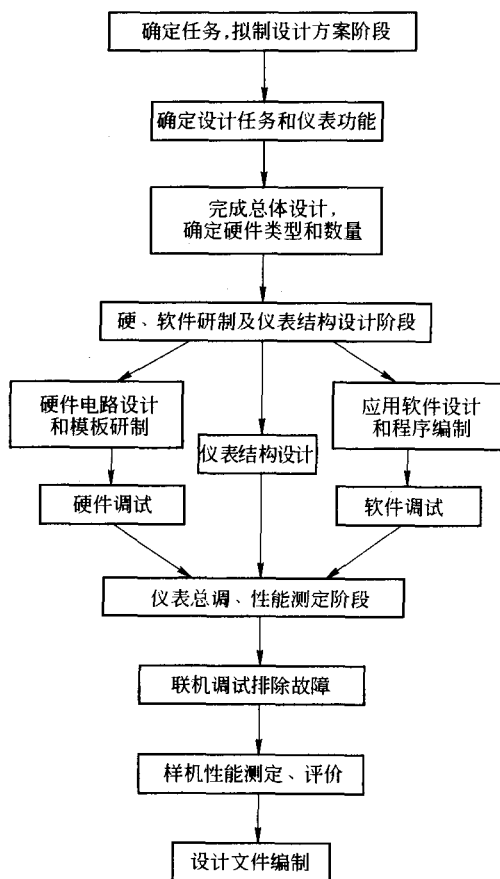


图 1-2 智能仪器研制过程

由于主机部分是通过各种接口与键盘、显示器、打印机等部件相连接,并通过输入输出通道经测量元件和执行器直接连接被测和被控对象,因此,人机接口电路和输入输出通道的设计是研制仪器的重要环节,要力求可靠实用。

如果逻辑电路设计正确无误,印刷电路板加工完好,那么功能模板的调试一般来说是比较方便的。模板运行是否正常,可通过测定一些重要的波形来确定。例如可检查单片机及扩展器件中几个控制信号的波形与硬件手册所规定的指标是否相符,由此断定其工作正常与否。

通常采用开发工具来调试硬件,将其与功能模板相连,再编制一些调试程序,即可迅速排除故障,较方便地完成硬件部分的查错和调试任务。

1.4.2.2 应用软件设计、程序编制和调试

将软件总框图中的各个功能模块具体化,逐级画出详细的框图,作为编制程序的依据。编写程序可用机器语言、汇编语言或各种高级语言。究竟采用何种语言则由程序长度、仪器的实时性要求及所具备的研制工具而定。对于规模不大的应用软件,大多采用汇编语言编写,这可减少存储容量,降低器件成本,节省机器时间。研制较复杂的软件且运算任务较重时,可考虑使用高级语言来编程。C51、C96 交叉编译软件是近年来较为流行的一种软件开发工具。它采用 C 语言编写源程序,编程方便,软件可读性强,易于修改和扩充。该软件功能强,编译效率高,有助于开发规模大、性能更完善的应用软件。编完程序,经汇编或编译生成目标码,再经调试通过后,可直接写入 EPROM。

软件设计要注意结构清晰,存储区规划合理,编程规范,便于调试和移植。同时,为提高仪器可靠性,应实施软件抗干扰措施。在程序编制过程中,还必须进行优化工作,即仔细推敲、合理安排利用各种程序设计技巧,使编出的程序所占内存空间较小,执行时间较短。

编制和调试应用软件同样使用开发工具,利用开发装置丰富的硬件和软件系统来编程和调试,可提高工作效率及应用软件的质量。

1.4.2.3 仪器结构设计

结构设计是研制智能仪器的重要内容,包括仪器造型、壳体结构、外形尺寸、面板布置、模板固定和连接方式等,要尽可能做到标准化、规范化、模块化。若采用 CAD 方法进行仪器结构设计,则可取得较好的效果。此外,对仪器使用的环境情况和制造维护的方便性也应给予充分注意,使制成的产品既美观大方,又便于用户操作和维修。

1.4.3 仪器总调、性能测定

研制阶段只是对硬件和软件进行了初步调试和模拟试验。样机装配好后,还必须进行联机试验,识别和排除样机中硬件和软件两方面的故障,使其能正常运行。待工作正常后,便可投入现场试用,使系统处于实际应用环境中,以考验其可靠性。在总调中还必须对设计所要求的全部功能进行测试和评价,以确定仪器是否符合预定性能指标,并写出性能测试报告。若发现某项功能或指标达不到要求时,则应变动硬件或修改软件,重新调试,直至满足要求为止。

研制一台智能仪器大致需要经历上述几个阶段。经验表明,仪器性能的优劣和研制周期的长短同总体设计是否合理、硬件选择是否得当、程序结构的好坏、开发工具完善与否以及设计人员对仪器结构、电路、测控技术和微机硬、软件的熟悉程度等有关。在仪器开发过

程中,软件设计的工作量往往比较大,而且容易发生差错(特别是在用汇编语言编程时),应当尽可能采用结构化设计和模块化方法编制应用程序,这对查错、调试、增删程序十分有利。实践证明,设计人员如能在研制阶段把住硬、软件的质量关,则总调阶段将能顺利进行,从而可及早制成符合设计要求的样机。

在完成样机之后,还要进行设计文件的编制。这项工作十分重要,因为这不仅是仪器研制工作的总结,而且是以后仪器使用、维修以及再设计的需要。因此,人们通常把这一技术文件列入智能仪器的重要软件资料。

设计文件应包括:设计任务和仪器功能描述;设计方案的论证;性能测定和现场使用报告;使用者操作说明;硬件资料(包括硬件逻辑图,电路原理图,元件布置和接线图,接插件引脚图和印刷线路板图);程序资料(包括软件框图和说明,标号和子程序名称清单,参量定义清单,存储单元和输入输出地址分配表以及程序清单)。

思考与练习题 1

1. 仪器仪表发展至今经历了哪些阶段?
2. 什么是智能仪器? 智能仪器的主要特点是什么?
3. 画出智能仪器通用结构框图,说明每部分的作用。
4. 什么是虚拟仪器和网络化仪器? 它们各自的主要特点是什么?
5. 在智能仪器设计时,如何实现软硬件合理分工?

第 2 章 微机系统设计

MCS-51 系列单片微机的特点之一就是系统结构紧凑,硬件设计简单灵活。对于一般的智能仪表,MCS-51 的最小系统就能满足要求;对于较复杂的智能仪器,需较大的存储器容量和较多的 I/O 接口,MCS-51 单片机可提供很强的扩展功能,直接与外接的存储器和 I/O 接口电路相连,构成功能很强、规模较大的系统。

2.1 最小微机系统

单片机发展的历史不长。1971 年,Intel 公司首次推出 4044 单片机(4 位机)。1976 年,Intel 公司推出 MCS-48 单片机(8 位机)。1980 年,Intel 公司推出 MCS-51 单片机(8 位机)。在 MCS-51 单片机内核的基础上,Intel、Philip、Siemens 等公司又相继推出名目繁多的 51 派生单片机芯片,这使得 51 系列单片机成为目前应用最为广泛的单片机。1983 年,Intel 公司推出 MCS-96 单片机(16 位机)。16 位单片机主要应用在一些比较复杂特殊的系统中。

MCS-51 系列单片机包括 8031/80C31、8051/80C51、8032/80C32、8751/87C51、8752/87C52、89C51 和 89C52 等,其单片机片内资源如表 2-1 所示。

表 2-1 MCS-51 单片机片内资源

子系列	片内 ROM 形式				ROM 容量	RAM 容量	SFR 字节数	寻址范围	I/O 特性			中断源
	Flash ROM	无	ROM	EPROM					定时器	并行口	串行口	
51 子系列	89C51	8031	8051	8751	4 KB	128B	21B	2×64 KB	2×16	4×8	1	5
		80C31	80C51	87C51	4 KB	128B	21B	2×64 KB	2×16	4×8	1	5
52 子系列	89C52	8032	8052	8752	8 KB	256B	26B	2×64 KB	3×16	4×8	1	6
		80C32	80C52	87C52	8 KB	256B	26B	2×64 KB	3×16	4×8	1	6

所谓最小微机系统是指能维护单片机运行的最简单配置系统,含有程序存储器的单片机配以必要的器件就构成了最小微机系统。

80C51/87C51/89C51 是片内具有 ROM/EPROM/FLASH ROM 的单片机,因此用这种芯片构成的最小微机系统简单、可靠。80C51/87C51/89C51 芯片内部包含有一个 8 位的 CPU、振荡器和时钟电路、4 KB 的程序存储器(ROM/EPROM/FLASH ROM)、128 个字节的数据存储器,可寻址外部程序存储器和数据存储器(各 64 KB)、21 个特殊功能寄存器、4 个并行 I/O 口、1 个全双工串行口、3 个 16 位定时器/计数器、5 个中断源,提供 2 个中断优先级,可实现二级中断服务程序嵌套,具有位寻址功能,有较强的布尔处理能力。