



普通高校“十二五”规划教材

智能化测量控制仪表 原理与设计 (第3版)

徐爱钧 徐 阳 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



普通高校“十二五”规划教材

智能化测量控制仪表 原理与设计 (第3版)

徐爱钧 徐 阳 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书在第2版的基础上做了修订,全面系统地阐述了基于80C51单片机的智能化测量控制仪表基本原理与设计方法。介绍了新一代增强型80C51单片机的基础知识以及汇编语言和Keil C51高级语言应用程序设计方法。详细论述了智能化测量控制仪表的人机接口、过程通道接口、串行通信接口、硬件和软件抗干扰技术、测控算法与数据处理技术、仪表硬件及软件的设计方法。给出了大量实用硬件电路和软件程序。还介绍了一种新型的Proteus虚拟仿真平台以及与Keil μ Vision集成开发环境相配合,进行单片机应用系统自我开发的方法。

本书可作为高等院校工业自动化与仪表、电子测量仪器、计算机应用等相关专业的教学用书,也可供从事开发研制智能化测量控制仪表的工程技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

智能化测量控制仪表原理与设计 / 徐爱钧, 徐阳编
著. --3版. --北京:北京航空航天大学出版社, 2012. 3
ISBN 978-7-5124-0333-8

I. ①智… II. ①徐…②徐… III. ①智能仪器—自
动测量仪 IV. ①TP216

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第010952号

版权所有,侵权必究。

智能化测量控制仪表原理与设计 (第3版)

徐爱钧 徐 阳 编著
责任编辑 刘 星

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(邮编100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:29.25 字数:655千字

2012年3月第3版 2012年3月第1次印刷 印数:4 000册

ISBN 978-7-5124-0333-8 定价:49.00元

前 言

单片机又称微控制器(Microcontroller),是在一块芯片上同时集成了 CPU、ROM、RAM 以及各种功能 I/O 接口的超大规模集成电路。单片机具有体积小、价格低、功能强、可靠性高以及使用方便灵活的特点,通过它能够很容易地将计算技术与测量控制技术相结合,组成新一代所谓“智能化测量控制仪表”。研制基于单片机的各种智能化测量控制仪表,周期短,成本低,易于更新换代,维修方便,在计算机与仪表一体化设计中具有其他微型计算机无法比拟的优势,这对仪表研制开发人员来说具有很大的吸引力。

近年来,单片机技术得到了突飞猛进的发展,许多半导体厂商争相推出各具特色的单片机芯片,使单片机用户具有更多选择余地。国内很多厂商、研究所都在研制开发各种智能化测量控制仪表,广大仪表设计、生产和使用人员都迫切希望了解和掌握单片机在测量控制仪表中的应用技术,许多高等院校也开设了智能仪表类的单片机应用技术课程。为了适应这种发展趋势,我们于 1996 年在北京航空航天大学出版社出版了本书的第 1 版,得到读者好评,并被评为 1998 年度湖北省科学技术进步三等奖。2004 年推出第 2 版,被许多高等院校选作为教材,至今已经多次重印。

利用这次再版的机会,对原书进行了如下修订:

第 2 章阐述单片机基础知识,也是本书后面各章的基础,为了更有利于读者学习,对本章做了重新编排,删除了一些过时内容,给出了具体应用程序示例,增加了对新型 FLASH 单片机内部功能与应用的介绍。

第 3 章增加了 Keil C51 应用程序设计的内容,在单片机应用开发中采用 C 语言进行程序设计,可以极大地提高编程效率,同时增强系统的可靠性和可维护性。

第 4 章增加了特别适用于智能化仪表的串行接口 DAC 和 ADC 芯片接口技术以及单片微转换器 AD μ C8xx 的介绍。

第 5 章增加了点阵字符和点阵图形液晶显示模块以直接方式和间接方式与单片机进行接口的内容。

同时,删除了其余各章中部分过时内容,例如吃力不讨好的汇编语言数据处理等,改用第 3 章介绍的 Keil C51 库函数进行处理,可以达到事半功倍的效果。本书各章大都同时给出了汇编语言和 C51 应用程序设计实例。

由于单片机本身的特点,传统教学方法很难在教学中体现单片机的实际运行过程,尤其是一些涉及硬件的操作,如定时器/计数器控制、外围功能接口设计等,仅通过理论学习很难理解,教学效果也不好。英国 Labcenter 公司推出的 Proteus 软件带来了新契机,利用虚拟仿真技术,在 PC 机上绘制单片机硬件原理图,并直接在原理图上编写调试应用程序,配合各种虚拟仪表来展现整个单片机系统的运行过程,在原理图设计阶段就可以对系统性能进行评估,验证所设计的硬件电路和软件程序是否达到技术指标要求,使设计过程变得简单容易,很好地解决了长期以来困扰单片机教学中软件和硬件无法很好结合的难题。本书附录 B 中介绍了 Proteus 虚拟仿真技术,给出了在 Proteus 集成环境中绘制电路原理图、采用汇编语言和 Keil C51 进行应用程序设计的范例。

徐阳参加了本书的修订工作,并编写了第 3 章、第 4 章、第 5 章以及附录 B,其余各章由徐爱钧编写。在修订过程中还得到彭秀华、朱镕涛、杨青胜、裴顺、吴子平等的协助,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中难免会有不足之处,恳请读者批评指正。有兴趣的朋友,请发送邮件到: ajxu@163.com,与本书作者沟通;也可发送邮件到: emsbook@gmail.com,与本书策划编辑进行交流。

徐爱钧
2012 年 1 月
于长江大学

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 智能化测量控制仪表的基本组成及其发展	1
1.2 智能化测量控制仪表的功能特点	3
1.3 智能化测量控制仪表的设计方法	5
复习思考题	9
第 2 章 智能化测量控制仪表中的专用微处理器	10
2.1 80C51 系列单片机的特点	10
2.2 80C51 单片机的结构	11
2.2.1 基本组成与内部结构	11
2.2.2 引脚功能	14
2.3 80C51 单片机的存储器结构	15
2.4 80C51 单片机的 CPU 时序	18
2.5 80C51 单片机的复位信号与复位电路	20
2.6 80C51 单片机的并行 I/O 口	21
2.7 80C51 单片机的指令系统	25
2.7.1 指令和助记符	25
2.7.2 指令的字节数	25
2.7.3 寻址方式	26
2.7.4 指令分类详解	30
2.8 80C51 单片机的汇编语言程序设计与实用子程序	39
2.8.1 汇编语言格式与伪指令	39
2.8.2 应用程序设计	41
2.8.3 定点数运算符程序	43
2.9 80C51 单片机的定时器/计数器	56
2.9.1 定时器/计数器的控制寄存器与逻辑结构	56
2.9.2 定时器/计数器应用举例	64
2.10 80C51 单片机的串行口	65
2.10.1 串行通信方式与串行口控制寄存器	65

2.10.2 串行口应用举例	72
2.11 80C51 单片机的中断系统	73
2.11.1 中断的概念	73
2.11.2 中断申请与控制	74
2.11.3 中断响应	77
2.11.4 中断系统应用举例	79
2.12 80C51 单片机的节电工作方式	81
2.12.1 空闲方式和掉电方式	82
2.12.2 节电方式的应用	83
2.13 80C51 单片机的系统扩展	84
2.13.1 程序存储器扩展	85
2.13.2 数据存储器扩展	86
2.13.3 并行 I/O 端口扩展	87
2.13.4 利用 I ² C 总线进行系统扩展	100
2.14 新型 FLASH 单片机简介	107
2.14.1 Atmel 公司的 AT89x51	107
2.14.2 NXP 公司的 89C51RD2	113
2.14.3 SST 公司的 89E564RD	118
复习思考题	124
第3章 单片机高级语言 Keil C51 应用程序设计	127
3.1 Keil C51 程序设计的基本语法	127
3.1.1 Keil C51 程序的一般结构	127
3.1.2 数据类型	128
3.1.3 常量、变量及其存储模式	129
3.1.4 运算符与表达式	131
3.2 C51 程序的基本语句	135
3.2.1 表达式语句	135
3.2.2 复合语句	135
3.2.3 条件语句	136
3.2.4 开关语句	136
3.2.5 循环语句	137
3.2.6 goto、break、continue 语句	138
3.2.7 返回语句	138

3.3 函 数	139
3.3.1 函数的定义与调用	139
3.3.2 中断服务函数与寄存器组定义	140
3.4 Keil C51 编译器对 ANSI C 的扩展	141
3.4.1 存储器类型与编译模式	141
3.4.2 关于 bit、sbit、sfr、sfr16 数据类型	143
3.4.3 一般指针与基于存储器的指针及其转换	146
3.4.4 C51 编译器对 ANSI C 函数定义的扩展	147
3.5 C51 编译器的数据调用协议	151
3.5.1 数据在内存中的存储格式	151
3.5.2 目标代码的段管理	153
3.6 与汇编语言程序的接口	155
3.7 绝对地址访问	160
3.7.1 采用扩展关键字“_at_”或指针定义变量的绝对地址	160
3.7.2 采用预定义宏指定变量的绝对地址	162
3.8 Keil C51 库函数	162
3.8.1 本征库函数	163
3.8.2 字符判断转换库函数	163
3.8.3 输入/输出库函数	164
3.8.4 字符串处理库函数	166
3.8.5 类型转换及内存分配库函数	167
3.8.6 数学计算库函数	168
复习思考题	169
第 4 章 智能化测量控制仪表的 DAC 和 ADC 接口	171
4.1 A/D 及 D/A 转换器的主要技术指标	171
4.1.1 A/D 转换器的主要技术指标	171
4.1.2 D/A 转换器的主要技术指标	172
4.2 DAC 接口技术	172
4.2.1 常用 DAC 芯片的接口方法	174
4.2.2 利用 DAC 接口实现波形发生器	183
4.2.3 串行 DAC 与 80C51 单片机的接口方法	188
4.3 ADC 接口技术	193
4.3.1 比较式 ADC 接口	194

4.3.2 积分式 ADC 接口	203
4.3.3 串行 ADC 与 80C51 单片机的接口方法	213
4.4 数据采集系统	217
4.4.1 前置放大器	219
4.4.2 采样保持器	223
4.4.3 新型单片数据采集系统 AD μ C8xx 简介	226
复习思考题	235
第 5 章 智能化测量控制仪表的键盘与显示器接口技术	236
5.1 LED 显示器接口技术	236
5.1.1 7 段 LED 数码显示器	236
5.1.2 串行接口 8 位共阴极 LED 驱动器 MAX7219	244
5.2 键盘接口技术	253
5.2.1 编码键盘	254
5.2.2 非编码键盘	255
5.2.3 键值分析	263
5.3 8279 可编程键盘/显示器芯片接口技术	273
5.3.1 8279 的工作原理	273
5.3.2 8279 的数据输入、显示输出及命令格式	275
5.3.3 8279 的接口方法	282
5.4 LCD 液晶显示器接口技术	289
5.4.1 LCD 显示器的工作原理和驱动方式	289
5.4.2 点阵字符型液晶显示模块	290
5.4.3 点阵图型液晶显示模块	305
复习思考题	312
第 6 章 智能化测量控制仪表的通信接口	314
6.1 串行通信接口	314
6.1.1 RS-232C 标准	314
6.1.2 串行通信方式	319
6.2 串行通信的实现	321
6.2.1 仪表相互之间的通信	321
6.2.2 仪表与上位机之间的通信	325
6.2.3 RS-422 和 RS-423 标准	339
复习思考题	340

第 7 章 智能化测量控制仪表的抗干扰技术	341
7.1 干扰源	341
7.1.1 串模干扰、共模干扰及电源干扰	341
7.1.2 数字电路的干扰	343
7.2 硬件抗干扰措施	345
7.2.1 串模干扰的抑制	345
7.2.2 共模干扰的抑制	347
7.2.3 输入/输出通道干扰的抑制	348
7.2.4 电源与电网干扰的抑制	352
7.2.5 地线系统干扰的抑制	353
7.3 软件抗干扰措施	354
7.3.1 数字量输入/输出中的软件抗干扰	354
7.3.2 程序执行过程中的软件抗干扰	355
7.3.3 系统的恢复	360
复习思考题	363
第 8 章 智能化测量控制仪表中的常用测量与控制算法	364
8.1 数字滤波算法	365
8.1.1 一阶惯性滤波	365
8.1.2 限幅滤波	367
8.1.3 中位值滤波	368
8.1.4 算术平均值滤波	369
8.1.5 滑动平均值滤波	371
8.1.6 加权滑动平均滤波	373
8.1.7 复合滤波法	373
8.2 校正算法	374
8.2.1 系统误差的模型校正法	374
8.2.2 利用校准曲线通过查表法修正系统误差	376
8.2.3 非线性特性的校正	379
8.3 量程自动转换与标度变换	385
8.3.1 量程自动转换	385
8.3.2 标度变换	387
8.4 PID 控制算法	388
8.4.1 基本控制规律	388

8.4.2 完全微分型 PID 控制算法	390
8.4.3 不完全微分型 PID 控制算法	393
8.4.4 PID 算法的改进	395
复习思考题	398
第 9 章 智能化测量控制仪表的设计方法与实例分析	399
9.1 智能化测量控制仪表的总体设计	400
9.2 智能化测量控制仪表的硬件电路设计	401
9.2.1 仪表中专用单片机系统的设计	401
9.2.2 仪表中其他功能组件的设计	403
9.2.3 仪表中硬件电路设计过程	404
9.3 智能化测量控制仪表的软件设计	406
9.3.1 概 述	406
9.3.2 自顶向下设计	407
9.3.3 模块化和结构化编程	408
9.4 智能化真有效值数字电压表实例分析	408
9.4.1 单片真有效值/直流转换器	409
9.4.2 仪表单元电路的工作原理	411
9.5 智能化真有效值数字电压表的监控程序	416
9.5.1 仪表的键盘功能	417
9.5.2 仪表的监控程序结构	417
9.5.3 仪表的主要功能模块简介	419
复习思考题	425
附录 A 80C51 指令表	426
附录 B Proteus 虚拟仿真	433
B.1 集成环境 ISIS	433
B.2 绘制原理图	437
B.3 创建汇编语言源代码仿真文件	440
B.4 在原理图中进行源代码仿真调试	442
B.5 原理图与 Keil 环境联机仿真调试	445
附录 C 常用集成电路芯片的引脚排列图	453
参考文献	458

第1章 绪论

随着微电子技术的不断发展,微处理器芯片的集成度越来越高,已经可以在一块芯片上同时集成 CPU、存储器、定时器/计数器、并行和串行接口甚至 A/D 转换器等。人们把这种超大规模集成电路芯片称作“单片微控制器”(Single Chip Microcontroller),简称为单片机。单片机的出现,引起了仪器仪表结构的根本性变革,以单片机为主体取代传统仪器仪表的常规电子线路,可以容易地将计算技术与测量控制技术结合在一起,组成新一代的所谓“智能化测量控制仪表”。这种新型的智能仪表在测量过程自动化、测量结果的数据处理以及功能的多样化方面,都取得了巨大的进展。目前在研制高精度、高性能、多功能的测量控制仪表时,几乎没有不考虑采用微处理器使之成为智能仪表的,而目前在仪器仪表中使用最多的微处理器就是单片机。在测量控制仪表中采用单片机技术使之成为智能仪表后能够解决许多传统仪表不能或不易解决的难题,同时还能简化仪表电路,提高仪表的可靠性,降低仪表的成本,加快新产品的开发速度。这类仪表的设计重点已经从模拟和逻辑电路的设计转向专用的单片机模板或功能部件、接口电路以及输入/输出通道的设计、通用或专用软件程序的开发。目前,这类智能化测量控制仪表已经能够实现四则运算、逻辑判断、命令识别、自诊断自校正甚至自适应和自学习的功能。随着科学技术的进一步发展,这类仪表的智能程度必将会越来越高。

1.1 智能化测量控制仪表的基本组成及其发展

以单片机为核心的智能化测量控制仪表的基本组成如图 1.1 所示。

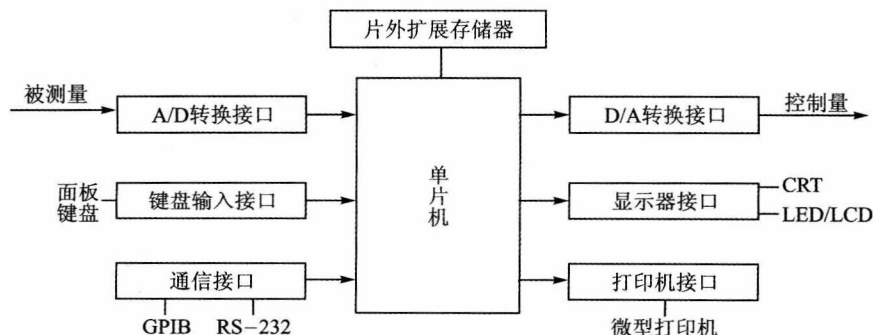


图 1.1 智能化测量控制仪表的基本组成

单片机是仪表的主体,对于小型仪表来说,单片机内部的存储器已经足够;大型仪表要进行复杂的数据处理,或者要完成复杂的控制功能,其监控程序较大,测量数据较多,这时就需要在单片机外部扩展片外存储器。被测量的模拟信号经过 A/D 转换之后,通过输入通道进入单片机内部;单片机根据由键盘置入的各种命令,或者送往打印机打印,或者经过 D/A 转换后成为能够完成某种控制功能的模拟电压。通信接口的功能是通过 GPIB 或者 RS-232 接口总线与其他仪器仪表甚至计算机做远距离通信,以达到资源共享的目的。智能化测量控制仪表的整个工作过程都是在软件程序的控制下自动完成的,装在仪表内部 EPROM 中的监控程序由许多程序模块组成,每一个模块完成一种特定功能,例如实现某种算法、执行某一中断服务程序、接收并分析键盘输入命令等。编制完善的监控程序中的某些功能模块,能够取代某些硬件电路的功能。但是需要指出的是,智能化测量控制仪表中引入单片机之后,有可能降低对某些硬件电路的要求,但这绝不是说可以忽略测试电路本身的重要性,尤其是直接获取被测信号的传感器部分,仍应给予充分的重视,有时提高整台仪表性能的关键仍然在于测试电路尤其是传感器的改进。现在传感器也正在受着微电子技术的影响,不断发展变化。传感器正朝着小型、固态、多功能和集成化的方向发展。有许多国家正致力于将微处理器与传感器集成于一体,以构成超小型、廉价的测量仪器的主体。

近年来智能化测量控制仪表的发展很快。国内市场上已经出现了各种各样的智能化测量控制仪表,例如,能够自动进行差压补偿的智能节流式流量计,能够对各种谱图进行分析和数据处理的智能色谱仪,能够进行程序控温的智能多段温度控制仪,以及能够实现数字 PID 和各种复杂控制规律的智能式调节器等。国际上智能化测量控制仪表更是品种繁多,例如,美国 FLUKE 公司生产的直流电压标准器 5440A,内部采用了 3 个微处理器,其短期稳定性达到 1 ppm,线性度可达到 0.5 ppm;美国 RACA-DANA 公司的 9303 型超高电平表,利用微处理消除电流流经电阻所产生的热噪声,测量电平可低至 -77 dB,英国 JISKOOT AUTOCONTROL 公司生产的在线取样系统、在线调和系统,能够对原油、精炼化学品等各种非均匀液体自动取样分析,并能对两种以上形成分流,按精确的配比进行调和;法国 TE 电器公司生产的 TSX 系列可编程控制器,能够完成各种顺序控制、定位调速、机床数控以及系统识别等功能;美国 HONEYWELL 公司生产的 DSTJ-3000 系列智能变送器,能进行差压值状态的复合测量,可对变送器本体的温度、静压等实现自动补偿,其测量精度可达到 $\pm 0.1\%$ FS;美国 FOXBORO 公司生产的数字化自整定调节器,采用了专家系统技术,能够像有经验的控制工程师那样,根据现场参数迅速地整定调节器。这种调节器特别适合于对象变化频繁或非线性的控制系统。由于这种调节器能够自动整定调节参数,可使整个系统在生产过程中始终保持最佳品质。

近 20 年来,由于微电子学的进步以及计算机应用的日益广泛,智能化测量控制仪表已经取得了巨大的进展。从技术背景上来说,硬件集成电路的不断发展和创新是一个重要因素。各种集成电路芯片都在朝超大规模、全 CMOS 化的方向发展。CMOS 电路具有功耗低、工作

温度范围宽的特点,近年来又采用“硅门”技术取代了原来的“金属门”技术,使 CMOS 电路的速度与 NMOS 及 PMOS 基本相同,输入保护技术也已经有效地克服了静电损坏的缺点。目前已经出现了许多超大规模的 CMOS 集成电路芯片,例如 80C51、80C552 等新一代增强型单片机芯片。这种新一代单片机不仅与 MCS-51 单片机在指令系统上完全兼容,而且在其芯片内部集成了许多新的功能部件,例如片内 A/D 转换器、片内看门狗电路(Watchdog Timer)、片内脉宽调制器电路(PWM)、芯片间串行总线(I²C BUS)等,从而使用户具有了更大选择范围。一个全 CMOS 电路系统的功耗只是普通 TTL 系统功耗的 1/10,采用这种 CMOS 芯片组成的智能化测量控制仪表可以采用干电池供电,从根本上解决了市电工频干扰的问题;同时还可以使仪器小型化,以便于野外使用。如今还出现了许多专用的数字信号处理芯片,例如美国 TI 公司生产的 TMS320 系列数字信号处理芯片,其运算速度非常快,特别适用于数字信号处理仪表,例如各种逻辑分析仪等。

1.2 智能化测量控制仪表的功能特点

传统测控仪表对于输入信号的测量准确性完全取决于仪表内部各功能部件的精密性和稳定性水平。图 1.2 所示是一台普通数字电压表的结构框图,滤波器、衰减器、放大器、A/D 转换器以及参考电压源的温度漂移电压和时间漂移电压都将反映到测量结果中去。如果仪表所采用器件的精密性高些,则这些漂移电压会小些;但从客观上讲,这些漂移电压总是存在的。另外,传统仪表对于测量结果的正确性也不能完全保证。所谓正确性是指仪表应在其各个部件完全无故障的条件下进行测量,而传统仪表在其内部某些部件发生故障时仍然继续进行测量,并继续给出测量结果值,显而易见这时的测量结果将是不正确的。智能化测量控制仪表的出现使上述两个问题的解决有了突破性的进展。

智能化测量控制仪表可以采用自动校准技术来消除仪表内部器件所产生的漂移电压。如图 1.3 所示,在每次进行实际测量之前,单片机发出指令使开关 K 接地,此时仪表的输入为 0,仪表的测量值即是仪表内部器件(滤波器、衰减器、放大器和 A/D 转换器等)所产生的零点漂移值,将此值存入单片机的内部数据存储存储器 RAM 中;然后单片机发出指令使开关 K 接入被测电压进行实际测量。由于漂移的存在,实际测量值中包含有零点漂移值,因此只要将测量值与零点漂移值相减,即可获得准确的被测电压值。

众所周知,任何仪表都必须要进行周期性的校准,以保证其额定精度的合法性。传统仪表的校准通常是采用与更高一级的同类仪表进行对比测量来实现的。这种校准方法费时、费力,而且校准后,在使用时还要反复查对检定部门给出的误差修正值表,给用户造成很大的不便。智能化测量控制仪表提供了一种先进而方便的自动校准方法。如图 1.3 所示,校准时,单片机发出指令使开关 K 接到基准源上(基准源可以从仪表外部加入的标准量,也可以是仪表自带的标准基准电压),此时仪表的输入为标准电压,仪表将对这一标准电压的测量值存入表内

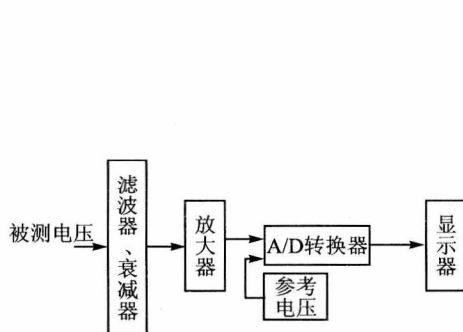


图 1.2 普通数字电压表的原理框图

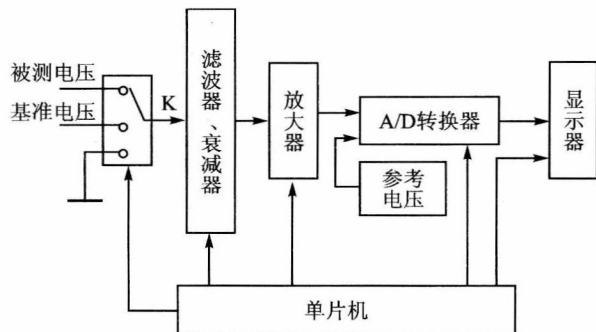


图 1.3 智能化数字电压表的原理框图

的非易失性 RAM 中(一个采用镉镍电池供电的非易失性 RAM 中的信息可保存 10 年以上),作为表内标准,从而可以在以后的各次实际测量中,用这一标准值对测量值进行修正。这种校准方法完全基于单片机的计算与存储功能,校准时间短,操作方便,不用打开机盖,无需调整任何元件,非专业人员也可操作,因此深受仪表使用者的欢迎。自动校准是智能化测量控制仪表的一大功能特点,它可降低仪表对于内部器件(如衰减器、放大器等)稳定性的要求,这点对于仪表的设计和制造都有重大意义。

在提高仪表的可靠性,保证测量结果的正确性方面,智能化测量控制仪表也明显优于传统仪表。通常智能化测量控制仪表都设置有自检功能。所谓自检,就是仪表对其自身各主要部件进行的一种自我检测过程,目的是检查各部件的状态是否正常,以保证测量结果的正确性。自检一般分为开机自检、周期性自检和键控自检 3 类。

开机自检是每当接通电源或复位时,仪表即进行一次自检过程。周期性自检是在仪表的工作过程中,周期性地插入自检操作;这种周期性自检是完全自动的,通常在仪表工作的间歇期间插入,不干扰正常测量过程。除非是检查到故障,周期性自检是不为仪表操作者所察觉的。键控自检是在仪表的面板上设置一个专门的自检按键,需要时可由操作人员启动仪表进行自检。

仪表自检的内容比较广泛,自检项目与仪表的功能和特性密切相关。通常自检的对象包括 RAM、ROM、A/D 转换器、显示器以及一些特殊功能部件等。对于不同的自检对象和目的,检查的方法也不相同。对于 RAM 的自检可采用写入数据和读出数据是否一致的方法进行。如果写入与读出的数据不一致,则说明该 RAM 器件存在故障。对于显示器的自检可让其全部发光。如果某一显示器不发光,则说明它存在故障。对于 A/D 转换器的自检可给其施加一个标准电压,如果此时的 A/D 转换结果数据在预期的范围之内,则说明 A/D 转换器工作正常。对于 ROM 的自检可采用校验和的方法进行,如图 1.4 所示,在将程序代码写入 ROM 时,保留一个单元(一般为最后一个单元)不写程序代码,而是写入“校验字”。利用这个校验字

使 ROM 的每一竖列都具有奇数个“1”，这样就使 ROM 的每一竖列的校验和全为“1”。当进行 ROM 自检时，如果程序的出口参数（即校验和）为“11111111”，则说明该段程序代码没有丢失。

在进行自检的过程中，如果检测到仪表的某一部分存在故障，仪表将以某种特殊的显示方式提醒操作人员注意，并显示当前的故障状态或故障代码，从而使仪表的故障定位更加方便。一般来说，仪表的自检项目越多，则使用和维修也就越方便，但是相应的自检硬件和软件也就越复杂。

ROM 地址	ROM 内容
1	01011010
2	10100110
3	11000101
4	00111110
5	00000010
6	11110000
7	11101101
8	11100111
11111111	

程序代码
校验字
校验和

图 1.4 ROM 中的程序代码和校验字

智能化测量控制仪表内含单片机，可以充分利用单片机对于数据的处理能力，最大限度地消除仪表的随机误差和系统误差。随机误差存在于每一次测量过程之中，而且其大小、符号都是不确定和不可预知的。但是 N 个测量数据中所包含的随机误差具有统计规律。概率统计理论证明，随机误差服从正态分布。 N 个测量值中包含的随机误差具有对称性或相消性，因此可以用统计平均的方法来消除随机误差。概率统计理论还证明，对于 N 个带有随机误差的测量数据，当 N 逐步增大时，其平均值是真值的无偏估计值。因此，在智能化测量控制仪表完成一次测量，实际上是对被测量进行了 N 次采样之后，取这 N 次采样值的平均值。对于仪表系统误差的消除可以采用前面介绍的自动校准方法。利用单片机对于测量数据的计算处理能力，是智能化测量控制仪表提高测量和控制准确度的一个重要方法。此外，还可以用这种方法来进行仪表的非线性特性校正。根据仪表功能的不同，数据处理的方法也多种多样，详细内容将在本书第 8 章讨论。智能化测量控制仪表除了具有上述功能之外，还可以带有串行或并行通信接口，从而使之具有数据远传和远地程控的能力。利用若干台带有 GPIB 接口的智能化测量控制仪表，可以方便地组成一个自动测控系统。

智能化测量控制仪表是科学技术发展到今天的最新产物，尽管目前这类仪表的智能化程度还不是很高，但是可以预计随着微电子技术、信息技术、计算技术以及人工智能技术的不断发展和完善，这种新一代的智能化测量控制仪表的智能程度必将越来越高。

1.3 智能化测量控制仪表的设计方法

智能化测量控制仪表设计的主要内容通常包含硬件（连同单片机在内的全部电子线路）、软件（包括监控管理程序及各种功能模块）及仪表结构工艺这 3 大部分。设计者应该熟悉该仪表的工作原理和技术性能，应能对仪表的硬件部分独立进行设计和计算；能够根据该仪表的各项测量功能独立进行软件设计；还要能够根据所设计的原理电路，综合考虑仪表的性能和技术

要求,合理地布置元器件,并绘制出仪表的线路图;最后,对所设计的仪表进行总调,发现设计中的错误之处及时修正,直至所设计的智能化测量控制仪表达到预期的要求。

在智能化测量控制仪表的设计研制过程中,要按仪表的功能把硬件和软件分成若干个模块,对各个模块采用“自顶向下”的顺序分别进行设计和调试,最后将各模块连接起来进行总调。首先要对智能化测量控制仪表进行总体设计,按仪表应完成的任务确定其功能。例如:仪表是用于过程控制还是用于数据采集和处理,要求的精度如何;仪表输入信号的类型、范围如何;是否需要进行隔离;仪表的输出采用什么形式,是否需要进行打印输出;仪表是否需要具有通信功能,采用并行还是串行通信;仪表的成本应控制在什么范围之内等。另外还要对整台仪表的结构、外形、面板布置以及使用环境等给予充分的考虑。在总体设计中要绘制出仪表的系统总图及各功能模块的流程图,拟定详细的工作计划。完成总体设计后,再根据这些计划按流程图对仪表各部分硬件和软件进行具体的设计。

在智能化测量控制仪表中,单片机是它的核心,因此在硬件设计时首先要考虑单片机的选择,然后再确定与之配套的外围芯片。在选择单片机时,要考虑的因素有字长(即数据总线宽度)、寻址能力、指令功能、执行速度、中断能力以及市场对该种单片机的软、硬件支持状况等。

用于工业现场以测量控制为主要目的的单片机,以及用于通用计算机系统以大量数据处理为主要目的的通用微处理器,因为它们的应用领域和应用目的有很大不同,所以它们的发展方向也不尽相同。通用微处理器为了满足大量数据处理对于高速性、大容量的要求,其数据总线宽度从8位向16位、32位甚至更宽的范围发展是十分必要的。而用于测量控制的单片机,其大多数测控参数如温度、压力、流量等对于运算速度和数据容量的要求则相对有限,在单片机的主振频率已达20~40 MHz范围时,其数据处理速度已退居控制功能之后。因此,新一代单片机并不急于增加数据总线的宽度,而是大力发展其控制功能和控制运行的可靠性。由于8位单片机的价格低,适用范围广,在智能化测量控制仪表领域内有着十分广阔的应用前景。未来的单片机市场上,8位单片机仍会稳定一个相当长的时期。目前我国MCS-51系列单片机已经形成主流局面,世界市场上SIEMENS、NXP(原PHILIPS半导体)等大电气商的介入,特别是NXP公司在MCS-51基础上发展了新一代的80C51系列单片机,将使我国对于8位单片机的应用需求量在短期内不会有很大的改变。80C51系列单片机具有数据存储器 and 程序存储器两个寻址空间,分别都为64 KB。这种寻址空间,对于一般的智能化测量控制仪表来说已经足够了。在指令功能和执行速度上,80C51系列单片机也是比较合理的,它的算术和逻辑运算指令功能较强,而且还有乘除指令和位操作指令(即布尔操作指令)。在全部111条指令系统中,仅有17条3字节指令,其余均为单字节或双字节指令。一般而言,指令的字节数越少,则其执行速度越快。80C51系列单片机的中断源有5~7个(NXP单片机80C552的中断源多达15个),因此其中断处理能力较强,能满足一般实际应用的要求。80C51系列单片机的市场支持能力也十分巨大,其外围扩展芯片十分丰富。尤其是NXP单片机80C51的多功能系列可适用于不同的应用领域。例如:需要可靠的参数保护可选用该系列中有片内256字节