

单片机微型计算机实用技术

智能化测量控制 仪表原理与设计

徐爱钧 编著

北京航空航天大学出版社

71387
X69

386240

单片微型计算机实用技术

智能化测量控制仪表 原理与设计

徐爱钧 编著



TP387
169

北京航空航天大学出版社

15222/32

内 容 简 介

本书全面系统地阐述了基于单片机的智能化测量控制仪表的基本原理与设计方法。介绍了 Intel 8051、8XC51、PHILIPS 8XC552 等增强型单片机的基本原理及应用。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、串行和并行通讯接口、硬件和软件抗干扰技术、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的硬件电路和软件程序。还介绍了一种适用于 IBM-PC 及其兼容机的 MCS-51 系列单片机模拟仿真软件 SIM8051 的使用方法。

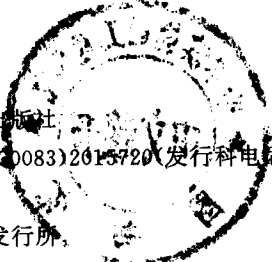
本书适合于广大从事开发研制智能化测量控制仪表的工程技术人员阅读,也可作为高等工科院校工业自动化与仪表、电子测量仪器、计算机应用等专业的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

智能化测量控制仪表原理与设计/徐爱钧编著. —北京:
北京航空航天大学出版社, 1996. 1
ISBN 7-81012-617-2

I. 智… II. 徐… III. ①测量仪表: 自动化仪表-智能控制: 智能仪器-理论②测量仪表: 自动化仪表-智能控制: 智能仪器-设计 IV. TP23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 16738 号

- 书 名: 智能化测量控制仪表原理与设计
ZHINENGHUA CELIANG KONG ZHI YIBIAO YUANLI YU SHEJI
- 编 著 者: 徐爱钧
- 责任编辑: 王小青
- 责任校对: 张韵秋
- 出 版 者: 北京航空航天大学出版社
- 地 址: 北京学院路 37 号(100083)2615720(发行科电话)
- 印 刷 者: 朝阳科普印刷厂
- 发 行: 新华书店总店科技发行所
- 经 售: 全国各地书店
- 开 本: 787×1092 1/16
- 印 张: 26
- 字 数: 665.6 千字
- 印 数: 5000 册
- 版 次: 1995 年 11 月第一版
- 印 次: 1995 年 11 月第一次印刷
- 书 号: ISBN 7-81012-617-2/TP·193
- 定 价: 32.00 元
- 

前 言

近年来,随着微电子技术的迅速发展和超大规模集成电路的出现,特别是单片机的出现,正在引起测量控制仪表领域内的一场新的技术革命。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,组成新一代的所谓“智能化测量控制仪表”。这种新型的智能仪表易于更新换代,维修方便。用单片机研制开发各种智能化测量控制仪表,周期短,成本低,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,这一点对仪表的研制开发人员来说具有极大的吸引力。现在很多厂商、研究所以及高等院校都在研制开发各种智能化测量控制仪表,广大的仪表设计、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。本书就是为了适应这种发展趋势,根据我们在教学和研制开发智能化测量控制仪表中的经验体会而编写的。

全书共分十章。第一章绪论,概述智能化测量控制仪表的组成、发展趋势、主要功能特点及基本设计思想和研制步骤。第二章从智能化测量控制仪表中专用微处理器的角度阐述 Intel 8051、8XC51 及 PHILIPS 8XC552 等增强型单片机的内部结构、工作原理和应用方法。第三章阐述智能化测量控制仪表的过程通道接口技术,介绍 D/A、A/D 转换接口及数据采集系统的设计方法。第四章阐述智能化测量控制仪表的人-机接口技术,介绍键盘、显示器及打印机接口的设计原理和方法。第五章阐述智能化测量控制仪表的硬件和软件抗干扰技术。第六章阐述智能化测量控制仪表的串行及并行通讯接口技术。第七章阐述智能化测量控制仪表中的数据处理技术,介绍一些常用的数值计算和非数值处理方法及实用程序。第八章阐述智能化测量控制仪表的测量和控制算法,并给出了实用的算法程序。第九章阐述智能化测量控制仪表的硬件和软件的设计及调试方法。第十章介绍了一种以单片机为核心的智能化真有效值数字电压表,以使读者对如何综合应用前九章的知识有一个全面的了解。附录一给出了一种在 IBM PC 及其兼容机上运行的 MCS-51 单片机模拟/调试软件 SIM8051 的使用方法。附录二给出了一些常用集成电路芯片的管脚排列图。本书在内容的安排上力求深入浅出,强调实用性和先进性,尽可能给出实际线路图和程序实例。在每一章之后都附有复习思考题供读

者练习,以加深对书中所叙述内容的理解。

本书在编写过程中得到江汉石油学院信息工程系统领导及自动化教研室同仁的关心;刘崇鑫副教授、孙传友副教授、康垂令副教授、易湘仁老师和吴珍祥工程师给予了热情支持;彭秀华帮助录入了书稿,柯于纪帮助完成了图的绘制。北京航空航天大学何立民教授详细审阅了本书并提出了许多很好的修改意见;王小青副总编在本书的出版过程中做了大量细致而有益的工作,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免会有缺点和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

1995年8月

目 录

第一章 绪 论	(1)
§ 1.1 智能化测量控制仪表的基本组成与发展	(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	(8)
第二章 智能化测量控制仪表中的专用微处理机	(9)
§ 2.1 MCS-51 系列单片机的特点	(9)
§ 2.2 MCS-51 系列单片机的结构	(10)
2.2.1 MCS-51 单片机的基本结构	(10)
2.2.2 MCS-51 单片机的存储器结构	(13)
2.2.3 MCS-51 单片机的 CPU	(15)
2.2.4 MCS-51 单片机的并行 I/O 口	(16)
2.2.5 MCS-51 单片机的定时器/计数器	(19)
2.2.6 MCS-51 单片机的串行口	(25)
2.2.7 MCS-51 单片机的中断系统	(30)
2.2.8 MCS-51 单片机的工作方式	(35)
§ 2.3 CHMOS 型单片机的节电工作方式	(40)
2.3.1 空闲方式和掉电方式	(40)
2.3.2 节电方式的应用	(41)
§ 2.4 CHMOS 增强型单片机 8XC51FA 和 8XC51GA 的主要特点	(43)
2.4.1 8XC51FA 的特点	(43)
2.4.2 比较/捕捉模块	(45)
2.4.3 16 位捕捉方式	(46)
2.4.4 软件定时器和高速输出方式	(47)
2.4.5 脉冲宽度调制器 PWM 方式	(47)
2.4.6 监视定时器 WDT	(49)
2.4.7 8XC51GA 的特点	(50)
§ 2.5 PHILIPS 单片机 8XC552	(52)
2.5.1 8XC552 的主要性能和结构	(52)

2.5.2	8XC552 的复位电路	(57)
2.5.3	脉宽调制器 PWM 输出	(58)
2.5.4	A/D 转换器	(59)
2.5.5	定时器 T2 和捕捉比较逻辑	(61)
2.5.6	监视定时器 T3	(65)
2.5.7	输入输出	(66)
2.5.8	8XC552 的中断系统	(67)
2.5.9	I ² C 总线简介	(70)
§ 2.6	MCS-51 单片机的指令系统	(76)
2.6.1	指令和助记符	(76)
2.6.2	指令的字节数	(76)
2.6.3	寻址方式	(77)
2.6.4	指令系统	(81)
复习思考题		(92)
第三章	智能化测量控制仪表的 ADC 和 DAC 接口	(94)
§ 3.1	A/D 及 D/A 转换器的主要技术指标	(94)
3.1.1	A/D 转换器的主要技术指标	(94)
3.1.2	D/A 转换器的主要技术指标	(95)
§ 3.2	DAC 接口技术	(95)
3.2.1	常用 DAC 芯片的接口方法	(96)
3.2.2	DAC 接口的应用	(102)
§ 3.3	ADC 接口技术	(107)
3.3.1	比较式 ADC 接口	(108)
3.3.2	积分式 ADC 接口	(116)
3.3.3	VFC 式 ADC 接口	(128)
§ 3.4	数据采集系统	(133)
3.4.1	前置放大器	(133)
3.4.2	采样保持放大器	(138)
3.4.3	新型 LC ² MOS 单片多位 A/D 转换器 AD7701/AD7703	(141)
复习思考题		(150)
第四章	智能化测量控制仪表的键盘、显示器及打印输出接口	(151)
§ 4.1	键盘接口技术	(151)
4.1.1	非编码键盘	(152)
4.1.2	键值分析	(159)
4.1.3	编码键盘	(166)
§ 4.2	显示器接口技术	(167)
4.2.1	七段 LED 显示器	(167)

4.2.2 点阵式 LED 显示器	(170)
§ 4.3 8279 可编程键盘/显示器芯片接口技术	(171)
4.3.1 8279 的工作原理	(171)
4.3.2 8279 的数据输入、显示输出及命令格式	(173)
4.3.3 8279 的接口方法	(178)
§ 4.4 液晶显示器 LCD 接口技术	(182)
4.4.1 LCD 显示器的工作原理和驱动方式	(182)
4.4.2 LCD 显示器的驱动接口	(184)
4.4.3 点阵式液晶显示模块	(187)
§ 4.5 打印输出接口技术	(195)
4.5.1 PP40 的接口信号	(195)
4.5.2 PP40 的操作方式	(195)
4.5.3 PP40 的接口方法和打印程序设计	(198)
4.5.4 TP μ P-40A 的性能和接口信号	(207)
4.5.5 TP μ P-40A 的字符代码和打印命令	(207)
4.5.6 TP μ P-40A 的接口方法和打印程序	(209)
复习思考题	(214)
第五章 智能化测量控制仪表的抗干扰技术	(215)
§ 5.1 干扰源	(215)
5.1.1 串模干扰、共模干扰及电源干扰	(215)
5.1.2 数字电路的干扰	(217)
§ 5.2 硬件抗干扰措施	(218)
5.2.1 串模干扰的抑制	(218)
5.2.2 共模干扰的抑制	(220)
5.2.3 输入输出通道干扰的抑制	(221)
5.2.4 电源与电网干扰的抑制	(224)
5.2.5 地线系统干扰的抑制	(225)
§ 5.3 软件抗干扰措施	(226)
5.3.1 数字量输入输出中的软件抗干扰	(226)
5.3.2 程序执行过程中的软件抗干扰	(227)
5.3.3 系统的恢复	(231)
复习思考题	(234)
第六章 智能化测量控制仪表的通讯接口	(235)
§ 6.1 串行通讯接口	(235)
6.1.1 RS-232C 标准	(235)
6.1.2 串行通讯接口电路	(240)
6.1.3 智能化测量控制仪表与上位机之间的数据通讯	(245)

6.1.4 RS-422、RS-423 标准	(258)
§ 6.2 并行通讯接口	(258)
6.2.1 IEEE-488 标准(GP-IB 标准)	(258)
6.2.2 基本接口功能要素	(259)
6.2.3 消息及其编码	(260)
6.2.4 接口功能	(261)
6.2.5 总线结构	(263)
6.2.6 三线挂钩原理	(265)
6.2.7 并行通讯接口芯片	(268)
复习思考题	(271)
第七章 智能化测量控制仪表中的数据处理技术	(272)
§ 7.1 定点数运算程序	(272)
§ 7.2 浮点数运算程序	(282)
§ 7.3 常用函数的计算方法	(294)
7.3.1 台劳公式	(294)
7.3.2 三角函数的计算	(295)
7.3.3 自然对数的计算	(295)
7.3.4 平方根的计算	(297)
§ 7.4 数制之间的转换	(300)
7.4.1 十进制整数转换为二进制数	(300)
7.4.2 十进制小数转换为二进制数	(301)
7.4.3 二进制整数转换为十进制数	(303)
7.4.4 二进制小数转换为十进制数	(304)
§ 7.5 数据的非数值处理	(305)
7.5.1 排序	(305)
7.5.2 查表	(306)
7.5.3 链表	(312)
7.5.4 队列	(316)
复习思考题	(319)
第八章 仪表中的常用测量与控制算法	(320)
§ 8.1 数字滤波算法	(321)
8.1.1 一阶惯性滤波	(321)
8.1.2 限幅滤波	(323)
8.1.3 中位值滤波	(323)
8.1.4 算术平均值滤波	(324)
8.1.5 滑动平均值滤波	(326)
8.1.6 加权滑动平均滤波	(327)

8.1.7 复合滤波法	(328)
§ 8.2 校正算法	(328)
8.2.1 系统误差的模型校正法	(329)
8.2.2 利用校准曲线通过查表法修正系统误差	(330)
8.2.3 非线性特性的校正	(333)
§ 8.3 量程自动转换与标度变换	(337)
8.3.1 量程自动转换	(337)
8.3.2 标度变换	(341)
§ 8.4 PID 控制算法	(341)
8.4.1 基本控制规律	(341)
8.4.2 完全微分型 PID 控制算法	(343)
8.4.3 不完全微分型 PID 控制算法	(346)
8.4.4 PID 算法的改进	(347)
8.4.5 PID 调节器参数的整定及采样周期的选择	(349)
复习思考题	(352)
第九章 智能化测量控制仪表的设计	(353)
§ 9.1 智能化测量控制仪表的总体设计	(354)
§ 9.2 智能化测量控制仪表的硬件电路设计	(355)
9.2.1 仪表中专用单片机系统的设计	(355)
9.2.2 仪表中其它功能组件的设计	(357)
9.2.3 硬件电路设计过程	(357)
§ 9.3 智能化测量控制仪表的软件设计	(359)
9.3.1 软件设计方法	(359)
9.3.2 软件设计过程	(361)
§ 9.4 硬件调试方法	(362)
9.4.1 常见的硬件故障	(362)
9.4.2 硬件调试方法	(363)
§ 9.5 软件调试方法	(364)
9.5.1 常见的软件错误类型	(364)
9.5.2 软件调试方法	(365)
复习思考题	(369)
第十章 智能化测量控制仪表整机分析	(370)
§ 10.1 智能化真有效值数字电压表的硬件结构	(370)
10.1.1 单片真有效值/直流转换器	(370)
10.1.2 仪表单元电路的工作原理	(372)
§ 10.2 智能化真有效值数字电压表的监控程序	(377)
10.2.1 仪表的键盘功能	(377)

10.2.2 仪表的监控程序结构.....	(378)
10.2.3 主要功能模块简介.....	(379)
复习思考题.....	(384)
附录一 SIM8051 模拟/调试软件的使用方法	(385)
附录二 常用集成电路芯片的引脚排列图.....	(400)
参考文献.....	(405)

第一章 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,而在仪器仪表中使用得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,降低仪表的成本以及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与发展

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。

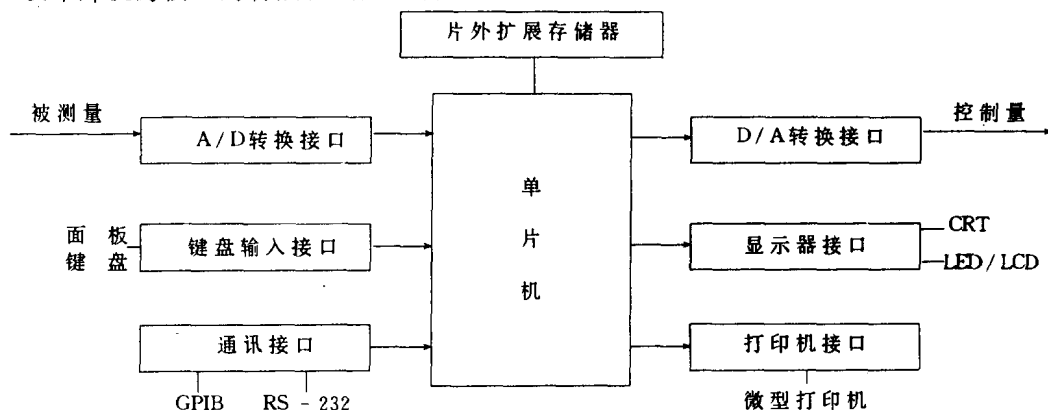


图 1.1 智能化测量控制仪表的基本组成*

* 本书文字和公式中的外文符号,按规定分别用了正、斜体;而图为计算机绘图,全部用了正体,故存在部分图、文的外文符号正、斜体不一致的情况,请读者谅解。——编辑注

单片机是仪表的主体,对于小型仪表来说,单片机内部的存贮器已经足够;大型的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贮器。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。通讯接口的功能是通过 GPIB 或者 RS-232 接口总线与其它的仪器仪表甚至计算机作远距离通讯,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的功能,例如实现某种算法、执行某一中断服务程序、接受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。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,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许多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,内部采用了三个微处理器,其短期稳定性达到 1ppm,线性度可达到 0.5ppm;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,测量电平可低达 -77dB;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,能够象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”,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,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,如片内 A/D 转换器、片内看门狗电路(WATCH DOG 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, 从而根本上解决了市电干扰的问题。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, 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原理框图, 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, 此时仪表的输入为零, 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。

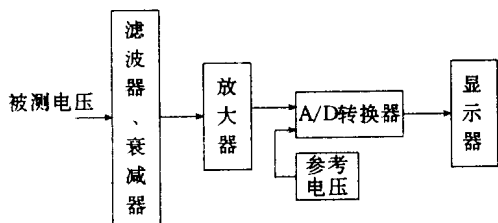


图 1.2 普通数字电压表的原理框图

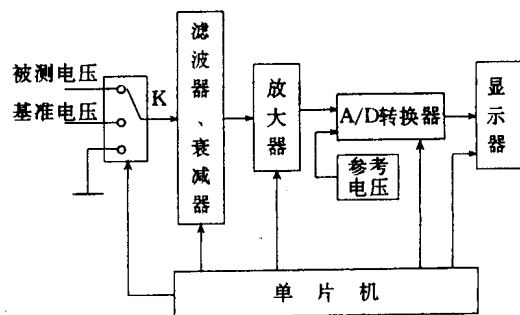


图 1.3 智能化数字电压表的原理框图

众所周知, 任何仪表都必须进行周期性的校准, 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(基准源可以是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贮功能,校准时间短,操作方便,不用打开机盖,不需调整任何元件,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。自检一般可分为开机自检、周期性自检和键控自检三类。

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;它是完全自动的,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),它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,如果写入的数据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。

ROM 地址	ROM 内容	程序代码
1	01011010	
2	10100110	
3	11000101	
4	00111110	
5	00000010	
6	11110000	
7	11101101	
8	11100111	校验字
11111111		校验和

图 1.4 ROM 中的程序代码和校验字

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。

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七章和第八章讨论。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讯接口,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)及仪表结构工艺三大部分。设计者应该熟悉要设计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,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讯功能,采用并行还是串行通讯;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,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,并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,和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,由于它们的应用领域和应用目的有很大的不同,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 20~30MHz 的范围时,其数据处理速度已退居控制功能之后。因此新一代的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、PHILIPS 等大电气商的介入,特别是 PHILIPS 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。MCS-51 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 64K。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,MCS-51 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。MCS-51 系列单片机的中断源有 5~7 个(PHILIPS 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。MCS-51 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 PHILIPS 单片机 80C51 的多功能系列可适用于不同的应用领域。如:需要可靠的参数保护可选用该系列中有片内 256 字节 E²PROM 的 8XC851 单片机;在小电压、低功耗应用时可选用 8XCL410;需要大量 I/O 口时可选用 8XC451;需要综合性能优异且带片内 A/D 转换器、片内 PWM 的可选用 8XC552 等。此外 PHILIPS 单片机 80C51 还提供一种 I²C BUS(芯片间总线),使单片机应用系统的随意性(结构、规模、形态)得以充分发挥,使用户可方便地组成自己的模块化系统。

在充分考虑上述各种因素正确选择了单片机之后,还要进行输入和输出接口和其他功能组件的设计。输入输出接口是智能化测量控制仪表与外部设备交换信息的通道,它包括 A/D 和 D/A 转换接口、键盘显示器接口、打印机接口以及各种通讯接口等。在进行上述各种接口设计过程中,要画出详细电路图并进行参数计算,标出各个芯片的型号、器件参数值,然后根据电路图在试验板上进行调试,发现设计不当之处随时修改。调试成功之后再制作印刷电路板,这样可以逐步发现硬件问题,在试验板上改动硬件设计比在印刷板上改动要容易得多。最后还应指出,在硬件电路设计时还应考虑到仪表的可维修性,即在电路上适当增加若干故障检查手段,如各种短路点及跳线等,这样做虽然会增加一些成本,但可节省今后产品维修的费用。

软件设计也是智能化测量控制仪表的一个主要内容。设计者不仅应能熟练地进行各种硬件电路设计,同时还必须掌握软件的设计方法。通常的软件设计方法是先画出程序流程图,然后根据流程图写出程序。常用的程序设计技术有下面三种。

1. 模块法

模块法是把一个长的程序分成若干个较小的程序模块进行设计和调试,然后再把各个模块连接起来。智能仪表监控程序总的可分为三大模块,即监控主程序、接口管理程序和命令处理子程序。命令处理子程序通常又可分为测试、数据处理、输入/输出、显示等子程序模块。由于程序分成一个个较小的独立模块,因而方便了编程、纠错和调试。

2. 自顶向下设计方法

研制软件有两种截然不同的方式,一种叫做“自顶向下”(Top-down)法,另一种叫做“自底向上”(Bottom-up)法。所谓“自顶向下”法,概括地说,就是从整体到局部,最后到细节。即先考虑整体目标,明确整体任务,然后把整体任务分为一个个子任务,子任务再分成子任务,同时分析各子任务之间的关系,最后拟订各子任务的细节。这犹如要建造一座房子,先要设计总体图,再绘制详细的结构图,最后一块砖一块砖地建造起来。所谓“自底向上”法,就是先解决细节问题,再把各个细节结合起来,就完成了整体任务。“自底向上”是传统的程序设计方法。这种方法有严重的缺点:由于从某个细节开始,对整体任务没有进行透彻的分析与了解,因而在设计