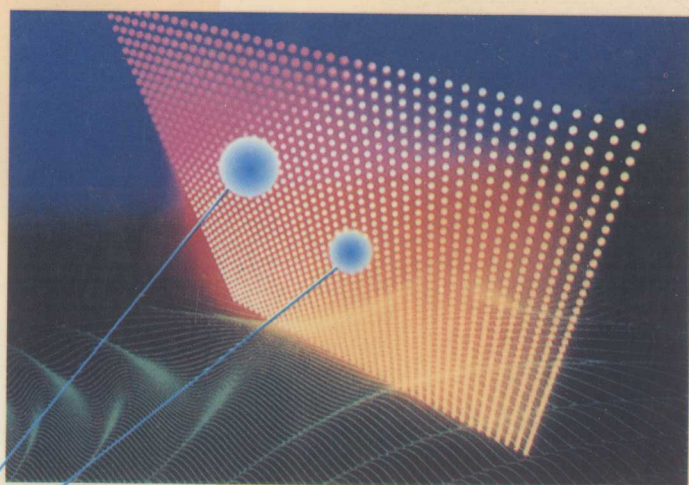


智能仪表设计技术

张友辉 编著



东北大学出版社

智能仪表设计技术

张友辉 编著

江苏工业学院图书馆
藏书章

东北大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

智能仪表设计技术/张友辉编著. —沈阳:东北大学出版社,
1997.2

ISBN 7-81054-207-9

I. 智…

I. 张…

Ⅲ. ①仪表-设计;②智能-仪表

N. TH702

东北大学出版社出版

(沈阳·南湖 110006)

辽宁大学印刷厂印刷

东北大学出版社发行

1997年2月第1版

1997年2月第1次印刷

开本:850×1168 1/32

印张:6.25

字数:163千字

印数:1—3000

定价:10.00元

前 言

智能仪表一般是指以微处理器或单片微机为基础而研制出来的一代新型仪表。这种新型仪表由于在设计上采用了微机,因而大大增强了仪表的性能,简化了仪表的硬件电路,使仪表的结构和功能发生了根本性变化。

由于智能仪表以微处理器为核心,因此在设计智能仪表时就不能沿用传统的仪表设计方法,而应该按照微型计算机的特点来进行设计,充分发挥微机的运算、存贮和控制功能。鉴于目前国内关于智能仪表的书籍为数不多,为了适应智能仪表发展的需要,编者根据自己多年从事仪表研制工作的体会,并参考国内外有关资料编写了这本书,奉献给读者,并希望能在促进智能仪表发展方面发挥作用。

全书共分六章。第一章介绍智能仪表的基本概念、特点、组成、设计要点和发展方向。第二章介绍软件设计基础,包括定点数运算、浮点数运算和代码转换。第三章介绍智能仪表的输入输出接口,包括显示器接口、键盘接口、拨盘接口、红外遥控器接口和微型打印机接口。第四章介绍模拟电路接口,包括 D/A 和 A/D 接口。第五章介绍数据处理技术,包括测量数据的预处理和数字滤波技术。第六章剖析了几种典型的智能仪表,使读者对智能仪表有一个完整的概念。鉴于目前我国广泛应用 MCS-51 单片微机,因而本书所举的例子都用 MCS-51 单片微机的汇编语言编程。

由于水平所限,缺点和错误难免,恳请读者批评指正。

张友辉

1996 年 8 月

目 录

第一章 概 述	(1)
1.1 什么是智能仪表	(1)
1.2 智能仪表的特点	(1)
1.3 智能仪表的组成	(2)
1.4 智能仪表设计要点	(3)
1.5 智能仪表的发展方向	(5)
第二章 软件设计基础	(6)
2.1 定点数运算	(6)
2.1.1 定点数的表示方法	(6)
2.1.2 定点数加减运算	(13)
2.1.3 定点数乘法运算	(17)
2.1.4 定点数除法运算	(27)
2.2 浮点数运算	(41)
2.2.1 浮点数的表示方法	(41)
2.2.2 浮点数加减法运算	(51)
2.2.3 浮点数乘除法运算	(62)
2.2.4 定点数与浮点数的转换	(68)
2.3 代码转换	(71)
2.3.1 BCD 码转换成 ASCII 码	(71)
2.3.2 十六进制数转换成 ASCII 码	(73)
2.3.3 ASCII 码转换成 BCD 码	(73)
2.3.4 ASCII 码转换成十六进制数	(75)
2.3.5 双字节二进制数转换成 BCD 码	(76)
2.3.6 四位 BCD 码转换成十六位二进制数	(78)

第三章 输入输出接口技术	(81)
3.1 LED 显示器接口	(81)
3.1.1 显示器的结构	(81)
3.1.2 显示器的工作方式	(82)
3.2 LCD 显示器接口	(86)
3.2.1 LCD 的结构及工作原理	(87)
3.2.2 LCD 的驱动方式	(88)
3.2.3 LCD 显示器接口实例	(91)
3.3 键盘接口	(94)
3.3.1 键盘工作原理	(94)
3.3.2 键盘接口方法	(96)
3.3.3 键盘输入程序	(96)
3.3.4 定时扫描方式	(100)
3.3.5 中断扫描方式	(100)
3.4 拨盘输入接口	(101)
3.4.1 BCD 码拨盘	(102)
3.4.2 BCD 码拨盘与单片机接口	(103)
3.4.3 拨盘输入程序	(105)
3.5 红外遥控器接口	(106)
3.5.1 电路连接	(106)
3.5.2 解码软件	(107)
3.6 微型打印机接口	(110)
3.6.1 微型打印机 GP16 的接口信号	(110)
3.6.2 GP16 的打印命令和工作方式	(111)
3.6.3 GP16 与 MCS-51 的单片机接口	(114)
3.6.4 打印程序设计举例	(115)
第四章 模拟电路接口技术	(119)
4.1 D/A 电路接口	(119)
4.1.1 D/A 转换原理	(119)

4.1.2	八位 D/A 电路 DAC0832	(121)
4.1.3	十位 D/A 转换器 AD7520	(127)
4.2	A/D 电路接口	(129)
4.2.1	双积分 A/D 转换原理	(130)
4.2.2	三位半双积分 A/D 转换器 5G14433	(131)
4.2.3	逐次逼近法 A/D 转换原理	(136)
4.2.4	0816A/D 转换器	(136)
4.2.5	0809A/D 转换器	(140)
第五章	数据处理技术	(143)
5.1	测量数据预处理	(143)
5.1.1	标度变换	(143)
5.1.2	偏移和增益误差的自动校准	(146)
5.2	数字滤波技术	(148)
5.2.1	算术平均值法	(149)
5.2.2	滑动平均值法	(152)
5.2.3	防脉冲干扰平均值法	(155)
5.2.4	数字滤波器	(158)
5.2.5	具有快速响应的数字滤波器	(161)
第六章	典型智能仪表介绍	(163)
6.1	智能计时器	(163)
6.1.1	硬件结构	(163)
6.1.2	输入输出及其接口	(165)
6.1.3	软件设计	(169)
6.2	冷藏车智能测温仪	(174)
6.2.1	技术性能指标	(174)
6.2.2	系统的设计与组成	(174)
6.2.3	温度传感器的选择	(175)
6.2.4	液晶显示器及其接口	(178)
6.2.5	A/D 转换器及其接口	(179)

6.2.6 软件设计	(179)
6.3 智能气体流量计	(180)
6.3.1 系统组成及工作原理	(183)
6.3.2 硬件设计	(184)
6.3.3 软件设计	(188)
主要参考资料	(192)

(139)	4.S.4 0818A/D 转换器	1.3.2
(140)	4.S.2 0803A/D 转换器	1.3.2
(143)	木村理茂著 第五章	2.1
(143)	野村通雄著 第四章	2.1.1
(146)	野村通雄著 第四章	2.1.2
(148)	朱文海著 第四章	2.2
(149)	朱文海著 第四章	2.2.1
(152)	朱文海著 第四章	2.2.2
(152)	朱文海著 第四章	2.2.3
(158)	朱文海著 第四章	2.2.4
(161)	朱文海著 第四章	2.2.5
(163)	章六第 第四章	2.2.6
(163)	管仲舒著 第四章	2.2.7
(163)	管仲舒著 第四章	2.2.8
(165)	管仲舒著 第四章	2.2.9
(165)	管仲舒著 第四章	2.2.10
(174)	管仲舒著 第四章	2.2.11
(174)	管仲舒著 第四章	2.2.12
(174)	管仲舒著 第四章	2.2.13
(175)	管仲舒著 第四章	2.2.14
(175)	管仲舒著 第四章	2.2.15
(175)	管仲舒著 第四章	2.2.16
(175)	管仲舒著 第四章	2.2.17
(175)	管仲舒著 第四章	2.2.18
(175)	管仲舒著 第四章	2.2.19
(175)	管仲舒著 第四章	2.2.20

第一章 概 述

1.1 什么是智能仪表

所谓智能仪表,就是能实现智慧劳动的仪表。如四则运算、命令识别、问题求解、定理证明、自然语言理解等都属于智慧劳动。智能应包括理解、推理、判断和分析等一系列功能,是数值、逻辑与知识综合分析的结果,当然也应包括经验在内。智能的标志是知识的表达与应用。

显然,今天人们所说的智能仪表,用上面讨论的智能的标准来衡量还有很大差距。可以说,今天的智能仪表仍处在仪表智能化的低级阶段,它只是把微处理器、微型计算机与传统的仪表结合起来了,能适应被测量的变化,自动进行数字信息处理,自动进行补偿,自动选择量程,自动校准,进行定量分析及程序控制等。微处理器和大容量存储器是智能仪表的核心。如果对今天的智能仪表下一个更确切的定义的话,那么,则应称之为微机化的仪表。

因而,本书所讨论的智能仪表设计技术,主要是指以微型计算机为基础的智能仪表软硬件设计。

1.2 智能仪表的特点

智能仪表与传统仪表相比,它具有如下三个突出特点:

1. 智能仪表一般都带微处理器

由于微处理器具有体积小、可靠性高、功能强、价格低、使用灵活等优点,很容易和各种仪表结合在一起构成智能仪表。特别

是单片微机非常适合作仪表的控制微机。单片微机与仪表结合,不仅使仪表具有智能,而且大大简化了仪表的硬件结构,降低了仪表的成本。

2. 智能仪表操作自动化

传统仪表面板上的开关和旋钮被键盘代替,有的仪表还采用了红外遥控键盘。操作员所做的工作仅仅是按钮,省去了烦琐的人工调节。在微处理器控制下,自动进行键扫描,量程转换,数据采集,数据处理,输出显示或打印,从而实现了测量过程的自动化。

3. 智能仪表具有对外的接口功能

智能仪表通常带有并行接口、串行接口、A/D、D/A 转换接口、键盘显示驱动接口。有些智能仪表还带有通用接口总线 GP-IB。这些接口增强了仪表的功能,简化了硬件结构,可以方便地组成多功能自动测试系统。

1.3 智能仪表的组成

智能仪表的基本组成如图 1-1 所示。显然它是一个典型的计算机结构。它与一般计算机的差别在于多了一个测试电路,另外它与外界通讯是通过 GP-IB 接口进行。既然智能仪表的组成属于计算机结构,那么它的工作方式就和计算机一样,而与传统的测量仪表明显不同。微处理器是整个智能仪表的核心,因此在只读存储器 ROM 中的程序是仪表的“灵魂”。系统采用总线结构,所有外围设备和存储器都挂在总线上,微处理器按地址对它们进行访问。微处理器接受来自键盘或 GP-IB 接口的命令,解释并执行这些命令,或者进行某种数据处理等等。微处理器通过接口给测试电路发出各种控制信息,并通过查询方式或中断方式及时了解测试电路的工作状况。当测试电路完成一次测量后,微处理器读取测量数据,进行必要的加工、计算、变换等处理,最

后以各种方式输出,如送给显示器显示出来,送给打印机打印出来,或送给系统的主控制器。

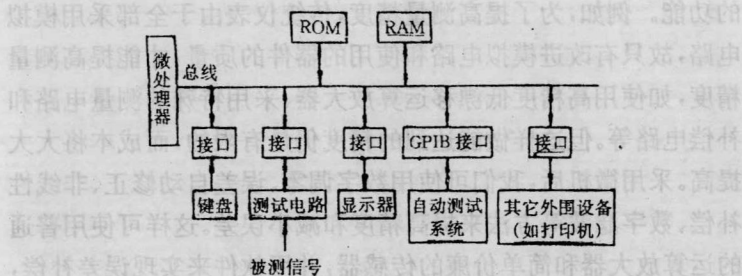


图 1-1 智能仪表的基本组成

1.4 智能仪表设计要点

智能仪表一般是以微处理器或单片微机为基础而设计制造出来的一代新型仪表,那么就不能沿用传统的仪表设计方法来设计智能仪表,而应该按照微型计算机的特点进行设计。

1. 采用新的测量原理

传统的仪表由于没有运算能力,因而它只能采取直接测量方法,即直接测量被测参数,然后转换显示出来。

使用微机后,由于它具有运算能力,智能仪表可采用与传统仪表完全不同的测量原理。这要求我们在设计各种智能仪表时,首先必须选择最合适的测量原理,以充分利用微机的运算和控制能力,从而简化其他硬件电路,并提高测量精度。一般来说,应测量最基本和最容易测量的参数,然后通过计算,得出各种所需的参数。如只是简单地把微机装到仪表中去,将达不到提高仪

表性能价格比的要求,失去了使用微机的优越性。

2. 硬件软件化

仪表的生产批量一般均比较大,这时软件成本将大大低于硬件成本,故采用微机后,应尽量用软件来实现原来用硬件实现的功能。例如,为了提高测量精度,传统仪表由于全部采用模拟电路,故只有改进模拟电路和使用的器件的质量,才能提高测量精度,如使用高精度低漂移运算放大器、采用特殊的测量电路和补偿电路等。但这样做能达到的精度仍是有限的,而成本将大大提高。采用微机后,我们可使用数字调零、误差自动修正、非线性补偿、数字滤波等方法来提高精度和减小误差。这样可使用普通的运算放大器和简单价廉的传感器,并用软件来实现误差补偿,从而可大大降低仪表的成本,提高仪表的测量精度。

3. 分时操作

一台仪表一般需对几个参数同时测量,在传统的仪表中需要几路测量电路。使用微机后,由于它具有数据存贮和控制功能,对同一类测量,可使用一个 A/D 转换器,用多路开关接至各个测量源,然后在软件控制下分时进行测量。这样可降低硬件成本。

4. 增强功能

传统的仪表一般一台只能完成单一功能。而智能仪表,由于计算机的执行速度比较快,可利用微机的计算和控制功能,分时地完成各个功能,从而在一台仪表中能够实现多台仪表的功能,以提高产品的性能价格比。

5. 简化面板结构

在传统的仪表面板上,开关繁多,结构复杂,使用和维修都比较困难。特别是有些直接控制模拟电路的机械开关,由于接线过长,会引起干扰,影响仪表的性能。采用微机后,应尽量使用模拟开关来代替机械开关,人工选择通过键盘实现,微机通过软件控制模拟开关。仪表的显示器采用数字显示代替指针指示。这

样可使设计出来的仪表外表美观,结构简单,操作使用方便。

1.5 智能仪表的发展方向

仪表未来的发展方向是应该更好地满足生产和用户的需要,具备高智能化、高性能价格比、高可靠性、高稳定性、使用方便等优点,而引入人工智能、人机工程、软件工程等诸多领域成熟的理论与技术,是达到这些目标的必由之路。

在今后智能化仪表的设计中,我们应该加强以下几方面工作:

1. 进一步加强和扩展在数据处理与分析、误差修正与补偿等方面的功能。

2. 进一步提高产品的稳定性、可靠性和抗干扰性。

3. 加强产品设计中的标准化、系列化、模块化、通用化。

4. 提高智能化程度,使仪表能够解决和处理更为复杂的问题。加强人机工程,使之更加便于操作和使用,例如引入语音识别装置,设计出能进行“人机对话”的仪表。

第二章 软件设计基础

智能仪表离不开数值计算,而最基本的数值计算为四则运算。由于实际使用的数据千变万化,它们的大小范围各不相同,对精度的要求也不一样,因此就有各种数据表示方法。在微机中,数据有定点表示和浮点表示两种形式,因而就有定点数运算和浮点数运算。

2.1 定点数运算

2.1.1 定点数的表示方法

定点数就是小数点固定的数。它可分为整数、小数、混合小数等。另外按数的正负可分为无符号数和有符号数。

一、正数的位置表示法

最常使用的数的表示方法是位置记数法,即各个数字的位置表示附加在每一个数字上的意义。如大家熟悉的十进制数中,小数点前的一个数字为个位数,第二个数字为十位数,……。在位置记数法数制中,数 N 常由式(2-1)表示,它的值可由式(2-2)计算得出。

$$N = (d_{n-1}d_{n-2}\cdots d_1d_0.d_{-1}d_{-2}\cdots d_{-m})_r \quad (2-1)$$

$$N = d_{n-1} \times r^{n-1} + \cdots + d_1 \times r^1 + d_0 \times r^0 + d_{-1} \times r^{-1} + \cdots + d_{-m} \times r^{-m} \quad (2-2)$$

式中 r 为基数, d_i 表示数字,它可为 $0, 1, \cdots, r-1$ 中任一个数字, n 为整数数字的个数, m 为小数数字的个数。

例如,十进制数 107.5 可表示为 $(107.5)_{10}$,它的值等于:

字面 $(107.5)_{10} = 1 \times 10^2 + 0 \times 10^1 + 7 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1}$ 数点

对计算机来说,最常使用的数制为二进制,这时 $r=2$ 。例如, $(1011.01)_2$ 的值为:

$$(1011.01)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1}$$

$$+ 1 \times 2^{-2} = 8 + 0 + 2 + 1 + 0 + 0.5 = 11.5$$

由此可见,按照式(2-2)可计算任何数制的数的值,它也是进行数制转换的基础。一般来说,如果要把一个 r_1 进制的数变成 r_2 进制的数,只要按公式(2-2)按 r_2 进制的运算法则进行计算即可完成。

在微机中,内部计算多数采用二进制数。由于二进制数书写时太长,不方便,而四位二进制数等于一位 16 进制数,故一般在编程时常用 16 进制数来代替二进制数。16 进制的数字常用 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F 表示,它们分别等于二进制数 0000,0001,0010,0011,0100,0101,0110,0111,1000,1001,1010,1011,1100,1101,1110,1111。

二、定点正数

在计算机中,小数点的表示方法有定点和浮点两种。在定点方式里,小数点的位置是固定不变的。一般小数点固定在数的最低位之后,这时,它所能表示的数总是整数。由于常用的 MCS-48、MCS-51 等单片机均为 8 位机,故一般使用的数的字长总是 8 的倍数。如果数的字长为 16 位(2 个字节),则数的表示形式为:

$$d_{15}d_{14}d_{13}d_{12}d_{11}d_{10}d_9d_8d_7d_6d_5d_4d_3d_2d_1d_0$$

它的值为:

$$N = (d_{15} \times 2^{15} + d_{14} \times 2^{14} + \dots + d_1 \times 2 + d_0)$$

它的最大值为 $d_i = 1 (i = 0 \sim 15)$, 这时 $N = 65535$; 最小值为 $d_i = 0 (i = 0 \sim 15)$, 这时 $N = 0$ 。

由于上述这种表示方法只能表示整数,而实际中经常需要使用小数,如正弦函数值必然是小数,故在计算机中还常采用定

点小数,这时小数点的位置固定在数的最高位之前。如果数的字长为16位,则数的表示形式为:

$$d_{-1}d_{-2}d_{-3}d_{-4}d_{-5}d_{-6}d_{-7}d_{-8}d_{-9}d_{-10}d_{-11}d_{-12}d_{-13}d_{-14}d_{-15}d_{-16}$$

它的值为:

$$Z = (d_{-1} \times 2^{-1} + d_{-2} \times 2^{-2} + \dots + d_{-15} \times 2^{-15} + d_{-16} \times 2^{-16})$$

它的最大值为 $d_i = 1 (i = -1 \sim -16)$, 这时 $N = (0.1111\dots 11)_2 = 0.999985_{10}$; 最小值为 $d_i = 0 (i = -1 \sim -16)$, 这时 $N = 0$ 。

三、有符号数的表示

在普通算术中,一个负数是由一个负号紧跟数的数值部分来表示。在计算机中,常在数的表示式中附加一位二进制数来指示这个数是正数还是负数。微机中,常用的有符号数的表示法有原码和补码两种。

1. 原码表示法:

如果我们在前面介绍的位置表示法中增加一个符号位,这位 $= 0$ 表示该数是正数; $= 1$ 表示该数是负数,并且不改变原来的数值表示方法,则称它为原码表示法。

一般符号位均加在数的最前面。例如8位二进制数00110100,表示十进制数+52;而10110100,表示-0110100即-52。这时,用二个字节(16位)能表示的最大数为+32767,最小数为-32767。

原码表示法的优点是简单直观,执行乘除运算及输出、输入都比较方便,缺点是加减运算复杂。

例如把 -52_{10} 与 $+52_{10}$ 相加时,我们实际上必须执行减法,而不是加法!一般来说,对原码表示的有符号数执行加减运算时,必须按符号位的不同执行不同的运算,运算中符号位一般不参加运算。

对于零的原码表示,它的数值等于0,而它的符号位可为0,也可为1,故原码表示法有二个0;正0(例00000000)和负0(例10000000)。

2. 补码表示法:

对于基数为 r 的数制,我们定义一个数 N 的补码($N_{\text{补}}$)为:

$$N_{\text{补}} = r^n - N \quad (2-3)$$

这里 n 是数 N 中整数的位数。对于定点小数, $n=0$ 。

在实际运算中, $N = d_{n-1} \cdots d_1 d_0 d_{-1} \cdots d_{-m}$ 的补码可简单地用 $r-1$ 减每个数字 d_i , 然后加 r^{-m} 对应于在这个数的最低有效数位加 1。例如 2457_{10} 的补码为 $9999 - 2457 + 1 = 7543_{10}$ 。

对于二进制数, 由于 $r=2, r-1=1$, 而 $1-d_i$ 相当于把 d_i 取反。故对二进制数(不管是整数还是小数), 可采用把数值位的每位取反后再加 1 来计算一个数的补码。例如 0110100 的补码为 1001100 。

引入了补码后, 我们可用补码在计算机中表示带符号的数。这时, 一般在数的前面加一位符号位, 该位 $=0$ 表示正数, $=1$ 表示负数。对于正数, 数值表示法不变; 对于负数, 采用该数的补码来表示。例如 -52_{10} , 它的八位二进制补码表示为 11001100 。

补码表示法中, 只有一个零(正 0), 而数值位 $=0$ 的负数为最小的负数。例如 8 位二进制数中, 10000000 表示 -128_{10} 。这样, 用二个字节(16 位)可表示的最大数为 $+32767$, 最小数为 -32767 。

补码表示法的优点是加减运算方便, 可直接带符号进行运算, 缺点是乘除运算复杂。例如对八位二进制补码表示的数:

$$\begin{aligned} (+83)_{10} &= (01010011)_2 \\ (-4)_{10} &= (11111100)_2 \\ (+83)_{10} + (-4)_{10} &= (01010011)_2 + (11111100)_2 \\ &= (01001111)_2 = (79)_{10} \end{aligned}$$

执行补码加减运算时, 有时会发生溢出, 故需对运算结果进行判断。例如对 $(+123)_{10} + (+81)_{10} = (+204)_{10}$ 的运算, 如采用八位二进制补码来进行运算, 则结果 $(+204)_{10}$ 无法用八位二进制补码来表示(最大值为 $+128$)。补码运算时, 不能像原码运算