

# 电子天平的研究与设计

韦康康, 屈力扬, 秦会斌\*

(杭州电子科技大学 电子信息学院, 浙江 杭州 310018)

**摘要:**为解决因微弱信号放大而影响电子天平精度的问题,采用了高精度的 A/D 转换芯片 ADS1230,即省去了设计模拟放大电路的麻烦,又解决了由放大环节带来的失调电压和温漂等问题。简要论述了电阻应变式称重传感器的工作原理、芯片 ADS1230 的特性及其应用电路的设计。进而以 AVR-mega16 单片机为核心设计了一款电子天平,并阐述了系统硬件电路的设计方法。经实验验证该系统的精度可达 0.05 g,且具有称量快捷、数据准确稳定等特点。

**关键词:**电阻应变式传感器;电子天平;单片机

**中图分类号:**TH715;TP216

**文献标志码:**A

**文章编号:**1001-4551(2011)03-0317-03

## Research and design of electronic balance

WEI Kang-kang, QU Li-yang, QIN Hui-bin

(School of Electronics & Information, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** In order to solve the problem of electronic balance accuracy caused by weak signal amplification, a high-precision chip ADS1230 was used, the trouble of designing analog amplifier was eliminated. And it was solved that the problem of offset voltage and temperature drift caused by analog amplifier. The resistance strain sensor works, chip ADS1230 features and its application circuit design were discussed. Then the microcontroller AVR-mega16 was used to design an electronic balance, and the design methods of hardware system were illustrated. The results of experiments show that the accuracy is up to 0.05 g, and the system has characteristics of weighing fast, data stable.

**Key words:** resistance strain sensor; electronic balance; single chip microcomputer

## 0 引言

随着科技突飞猛进的发展,以前的机械天平已经不能满足人们的要求,于是出现了电子天平。相比以前的机械天平,电子天平在技术上有了很大的发展,它具有结构简单,安装调试方便,称量快捷,显示直观,抗干扰能力强等特点<sup>[1]</sup>。电子天平有机天平无法比拟的优点,因此电子天平的应用越来越广泛。在短短几十年中,发展了各种规格、门类齐全的电子天平,广泛应用于各行各业的计量领域。随着电子技术的发展,对电子天平的要求也越来越高,电子天平正在向高精度、高效率、高抗干扰能力的方向发展<sup>[2-3]</sup>。

本研究主要探讨了电子天平的研究与设计。

## 1 电阻应变式传感器的工作原理

电阻应变式传感器具有测量范围广,频率响应特性好,结构简单、价格低廉、性能可靠稳定等优点,因此电阻应变式称重传感器已被广泛应用到称重领域。

电阻应变式称重传感器由电阻应变片、检测电路和弹性体<sup>[4]</sup>3个主要部分组成。其工作原理是基于弹性体在外力作用下产生弹性变形,使粘贴在它表面的电阻应变片也随同产生变形,电阻应变片变形后,它的阻值将发生变化,再经相应的测量电路把这一电阻变化转换为电信号,从而完成了将外力变换为电信号的过程。其内部结构图如图1所示<sup>[5-7]</sup>。

当电桥处于平衡状态时,即:

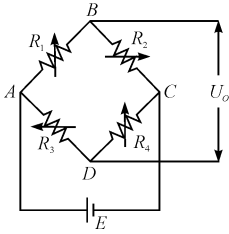


图 1 传感器内部结构图

$R_1, R_2, R_3, R_4$ —4 条桥臂的应变电阻;  $E$ —电桥的激励电压;  $U_o$ —对应的输出电压

$$R_1 R_4 = R_2 R_3 \tag{1}$$

$$U_o = \frac{R_1 R_4 - R_2 R_3}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} \cdot E$$

设电桥各桥臂工作时,均有增量  $\Delta R_1, \Delta R_2, \Delta R_3, \Delta R_4$ ,由式(1)可得:

$$U_o = \frac{(R_1 + \Delta R_1)(R_4 + \Delta R_4) - (R_2 + \Delta R_2)(R_3 + \Delta R_3)}{(R_1 + \Delta R_1 + R_2 + \Delta R_2)(R_3 + \Delta R_3 + R_4 + \Delta R_4)} \cdot E \tag{2}$$

为了使桥路灵敏度<sup>[8]</sup>最大,通常采用等臂电桥,即  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$ 。当  $\Delta R_i \ll R (i = 1, 2, 3, 4)$  且有  $\Delta R_1 = -\Delta R_2 = -\Delta R_3 = \Delta R_4 = \Delta R$  时,输出电压与应变成线性关系:

$$U_o = \frac{E}{4} \left( \frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_2}{R} - \frac{\Delta R_3}{R} + \frac{\Delta R_4}{R} \right) = \frac{\Delta R}{R} \cdot E \tag{3}$$

由此可知,电阻应变式传感器的输出电压与激励电压和传感器形变量成线性关系<sup>[9]</sup>。

## 2 电子天平的设计流程

### 2.1 系统的工作过程

系统功能框图,如图 2 所示。

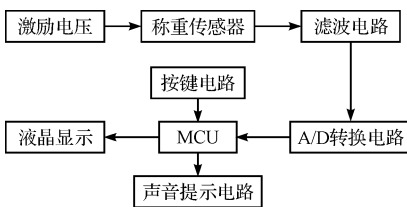


图 2 系统功能框图

激励电压给传感器提供一个工作电压,在外力的作用下传感器会输出一个信号。将输出的信号送入滤波电路模块,经过滤波后将信号送入 A/D 转换电路模块。本系统中的 A/D 转换芯片采用 TI 公司生产的 ADS1230,信号经过 ADS1230 放大并转化成数字量后,再送入单片机中进行处理。按键电路模块有清零、去皮重、单位换算等功能,声音提示电路模块在被称重物

的重量大于传感器的最大量程时,会发出报警。液晶显示模块用于显示重量、价格等。

### 2.2 ADS1230 的特性

ADS1230 是一种具有 20 位高精度的模/数转换器(ADC),可以应用于称重、应变仪、压力传感器、工业过程控制等<sup>[10]</sup>。ADS1230 的内部结构如图 3 所示。

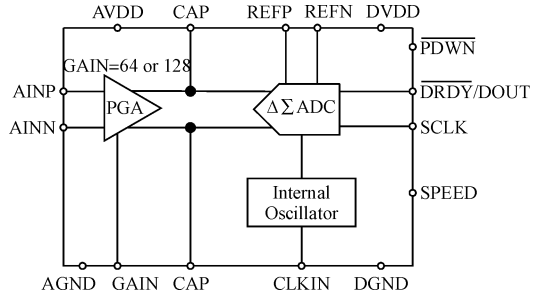


图 3 ADS1230 内部结构

芯片 ADS1230 的特点有:可提供用于桥接传感器的完整前端解决方案,以满足多种桥接传感器的应用要求;内置增益为 64 或 128 的板载 PGA 和板载振荡器;有效值(RMS)噪声在 10 SPS(samples per second)时仅为 40 nV( $G = 128$ ),80 SPS 时仅为 88 nV( $G = 128$ );18 位无噪声精度;可选的 10 SPS(具备 50 Hz 与 60 Hz 两种抑制频率)或 80 SPS 数据速率;比例测量的 5 V 外部电压基准以及简单的引脚驱动控制和双线串行数字接口。

### 2.3 ADS1230 和单片机的接口电路

ADS1230 和单片机的接口如图 4 所示。

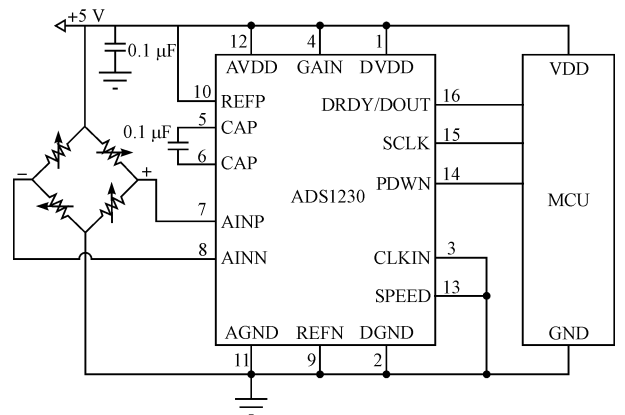


图 4 ADS1230 和单片机的连接图

由图 4 可知,传感器的输出信号经 ADS1230 的 7, 8 脚接入,正信号接 7 脚,负信号接 8 脚,本系统把 AVDD、REFP、DVDD、GAIN 置成高电平,GAIN 引脚置高电平说明选用了 128 倍增益,AGND、DGND、REFN、CLKIN、SPEED 置为低电平,CLKIN 引脚接地说明使用内部时钟,SPEED 引脚置为低电平说明数据速率选 10

SPS。SCLK,  $\overline{\text{DRDY}}/\text{DOUT}$ ,  $\overline{\text{PDWN}}$  分别接入单片机。SCLK 用于控制数据的转换, 偏移误差校正和休眠模式。 $\overline{\text{DRDY}}/\text{DOUT}$  引脚有两个作用, 当这个引脚为低电平时说明新数据已经准备好了, 其次在 SCLK 的每个上升沿, 输出一个数据(先输出高位, 再输出低位, 共 20 位), 送完 20 个 SCLK 后, 把引脚拉高一段时间, 直到新数据准备好。 $\overline{\text{PDWN}}$  引脚用于关闭 ADC, 并把 ADC 清零, 为下一次 A/D 转换做好准备。

### 3 电子天平的标定

用标准的砝码加到称重传感器的受力端, 记录下砝码的值, 读取 A/D 转换的数据。在此过程中本研究采用多次测量取平均值的方法, 这样可以有效地减少人为误差, 得到的数据更可靠。将砝码的质量(单位: g)作为纵坐标, A/D 转换的平均值作为横坐标, 进行拟合后得到的拟合曲线, 如图 5 所示。

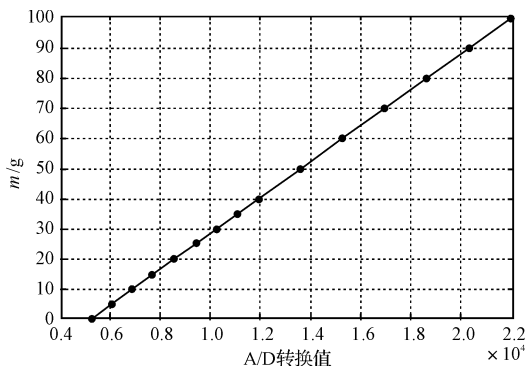


图5 称重拟合曲线

得到标定表达式为  $y = 0.006x - 31.135$  (其中  $y$  为重量, 单位为 g,  $x$  为 A/D 的转换值), 这样就可以根据 A/D 的转换值得到相应的物体重量。

### 4 实验结果与分析

本研究所设计的电子天平的量程是 100 g, 测试的部分数据如表 1 所示, 由此可知, 当重物小于 15 g 的时候, 最大误差小于 0.02 g, 当重物在 15 g ~ 100 g 时, 最大误差小于 0.05 g。误差的来源有传感器本身的非线性误差, 称重传感器供电电压的稳定性, A/D 转换芯片的精度, 温度漂移等<sup>[11]</sup>。

### 5 结束语

本研究以 ADS1230 作为 A/D 转换芯片而设计的电子天平, 由于芯片 ADS1230 内部集成了可编程增益放大器(PGA), 不仅省去了设计放大电路的麻烦, 使系统的结构和硬件电路更加合理, 而且解决了由放大

环节带来的失调电压和温漂等问题。经过测试可知该系统性能稳定, 运行良好, 有一定的实用价值。

表1 数据对比

重量/g	测量值/g		
	第1次	第2次	第3次
0.000	0.000	0.000	0.000
5.000	5.006	5.005	5.006
10.000	10.012	10.011	10.013
15.000	15.018	15.017	15.017
20.000	20.025	20.024	20.025
50.000	50.035	50.034	50.034
90.000	90.047	90.048	90.047

### 参考文献(References):

- [1] 邓志军. 电子天平的原理与使用[J]. 理化检验: 化学分册, 1997, 33(5): 225-227.
- [2] 耿金灵, 王岩, 殷海燕. 由机械分析天平与电子分析天平的特点试论其在化学实验教学中的互补作用[J]. 实验室科学, 2009(2): 38-40.
- [3] 李林洲. 电子天平与机械天平的区别及特点[J]. 工业计量, 2003(s1): 270-271.
- [4] 苗丽霞. 浅析惠斯登电桥在称重传感器中的应用[J]. 甘肃冶金, 2001, 26(4): 52-54.
- [5] 王瑞玲. 电阻应变式传感器线损补偿电路设计[J]. 声学与电子工程, 2003(4): 30-32.
- [6] 张红俊, 张红旺, 同长虹. 电阻应变式传感器在应用中的误差补偿[J]. 机械管理开发, 2003(4): 61-62.
- [7] DUTOIT B M, PILLOUD Y, ELEGIBILI F. Flat electromagnetic pressure sensor for harsh environments[J]. *Sensors and Actuators, A: Physical*, 2001, 91(1-2): 51-56.
- [8] KUO H I, GUO J, YOUNG D J. Packaging of micro strain sensors[C]//Sensors, 2004. Proceedings of IEEE, 2004: 546-549.
- [9] KADLEC J, TYNEK J, VRBA R. New type of pressure sensor for explosive industrial environment[C]//Sensors and the International Conference on New Techniques in Pharmaceutical and Biomedical Research, 2005 Asian Conference on, 2005: 162-164.
- [10] 范力旻, 刘建功. ADS1230 在称重系统的应用研究[J]. 工业仪表与自动化装置, 2008(6): 52-53.
- [11] GONZALEZ A G, HERRADOR M A. The assessment of electronic balances for accuracy of mass measurements in the analytical laboratory[J]. *Accreditation and Quality Assurance*, 2007, 12(1): 21-29.