

基于 ADS1234 的高精度数字化称重系统的研究与实现

王雁彬¹, 马国强²

(1. 辽宁交通高等专科学校, 辽宁 沈阳 110122;

2. 东北大学 机械工程与自动化学院, 辽宁 沈阳 110004)

摘要: 设计了一款基于 ADS1234 的称重系统, 该系统具有高精度、数字化等特点。主要从硬件系统、软件系统以及提高精度的措施对系统进行了阐述。最后, 通过加载实验, 验证了本设计的正确性以及工作的稳定性。

关键词: ADS1234; 称重系统; 单片机; 24 位数据采集; 数字滤波

中图分类号: TH692.9

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)22-0072-04

Research and design of high-precision digital load cell system based on ADS1234

WANG Yan Bin¹, MA Guo Qiang²

(1. Liaoning Provincial College of Communications, Shenyang 110122, China;

2. School Mechanical Engineering and Automation, Northeastern University, Shenyang 110004, China)

Abstract: A high-precision digital load cell system based on ADS1234 was designed. Hardware systems, software systems and measures to improve the accuracy of the system were described. Finally, set a load test to verify the correctness and stability of the system.

Key words: ADS1234; weighing system; SCM; 24 bit data acquisition; digital filter

随着工业过程控制以及自动化水平的不断提高, 特别是数字技术与信息技术的飞速发展, 在称重计量与控制系统领域, 对衡器行业提出了电子衡器数字化、智能化、用数字称重系统突破模拟称重系统的局限性等要求。各种类型电子秤的核心都是一个高精度数字化过程, 即将被测量物体重量的模拟量转换成数字量。尽管将重量信息转换为电信号有多种方法, 但最为常用的方法是采用一个配置为惠斯通电桥(Whetstonebridge)的阻性负载单元, 将采集到的惠斯通电桥输出电压值作为重量参数。传统的电路设计方法是在 A/D 转换之前增加一级或多级高精度的放大器。这样不但增加了系统的成本和电路复杂性, 而且在检测过程中也会出现工频干扰和放大器漂移等问题, 从而使采集到的数据精度降低。德州仪器(TI)推出的桥接传感器模数转换器 ADS1234, 作为高度集成的 Delta-Sigma 模数转换器, 适用于低电平、高精度测量, 特别适合称重领域的应用^[1-2]。

1 ADS1234 特性及其称重应用

负载单元通常根据输出电压确定, 该输出电压是在施加负载单元最大额定重量时为 1 V 激发电压产生的, 规格以单位 mV/V 确定。由 5 V 电压激发的 4 mV/V 负载单元所具有的满量程输出电压仅为 20 mV。所以, 称重传感器中的电阻桥产生的待测电压信号非常小, 而且电压信号随重量的变化量也非常小。如何对电阻桥接产生的信号进行低电压、高精度测量, 成为称重系统设计中的核心问题。

ADS1234 是一个精密的 24 位 AD 转换器, 它内部带有低噪声的可编程精密放大器、精密的 Delta-Sigma AD 转换和内置的振荡器。ADS1234 为桥路传感器的应用及称重仪器提供了一个完全的前端解决方案, 它具有非常低的噪声, 当 PGA=128 倍时, ± 20 mV 的输入范围内均方根(rms)噪声仅有 17 mV, 采样速率为 10 Hz~80 Hz, 对于 50 Hz 与 60 Hz 具有大于 100 dB 的抑制能力。

技术与方法 Technique and Method

ADS1234 在称重领域的应用的优点是:(1)具有完整的前端,不需要外置放大电路;(2)没有外部时钟的要求;(3)所有的功能由管脚来控制,没有寄存器需要编程。

2 称重系统硬件设计

2.1 系统总体设计

系统总体结构示意图如图 1 所示。在本系统中 MCU 可选用单片机、ARM、DSP 等芯片,只要内存以及处理速度能够满足系统的要求即可,本文以 STC89252RC 单片机为例进行说明。电源部分的主要功能是对 MCU 和 ADS1234 供电,规定需要 5 V 和 3 V 的稳定电源。除此之外,还有通信接口、显示系统以及键盘等部分的设计。

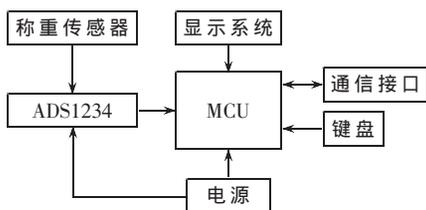


图 1 系统总体结构示意图

2.2 硬件接口设计

硬件接口电路设计主要完成 ADS1234 外围电路以及与 MCU 之间的接口电路。惠斯通电桥的输出电压正负极分别接 ADS1234 的 AINP 和 AINN 两个管脚。DRDY/DOUT、SCLK 和 PDWN 接 MCU 的三个 I/O 管脚。图 2 所示为 ADS1234 接口电路原理图。

2.3 系统抗干扰设计

在电子系统设计中,应充分考虑并满足抗干扰性的

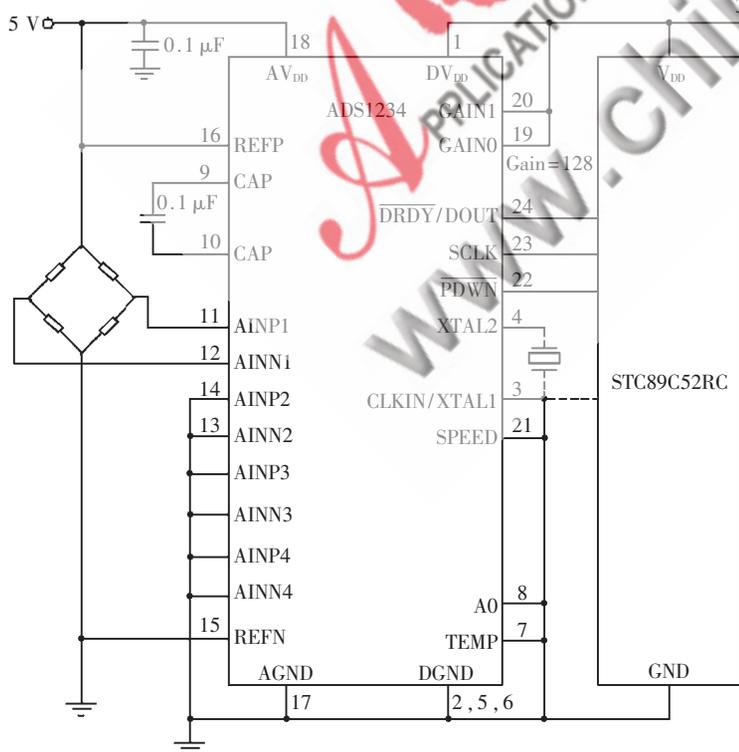


图 2 ADS1234 接口电路图

要求,避免在设计完成后再去进行抗干扰的补救措施。本文的抗干扰设计主要从以下三个方面进行:

(1)抑制干扰源,减小干扰源的 du/dt 、 di/dt 。这是抗干扰设计中最优先考虑和最重要的原则。减小干扰源的 du/dt 主要是通过干扰源两端并联电容实现。

(2)切断干扰传播路径。充分考虑电源对 MCU 的影响,要给 MCU 电源加滤波电路或稳压器,以减小电源噪声对 MCU 的干扰。此外,还要合理布线,分开模拟地和数字地。

(3)提高敏感器件的抗干扰性能。减少回路环的面积,电源线和地线尽量粗,闲置的 I/O 口不悬空^[3-4]。

3 系统软件设计

3.1 系统软件总体设计

系统软件设计主要包括系统初始化、MCU 控制 ADS1234 以及串口通信设计。系统初始化保证系统能够在预定模式和状态下工作。控制 ADS1234 主要是设定内部可编程增益放大倍数、选择测量通道、采样速率以及控制转换器等。串口通信部分主要是制定通信协议,包括传输速率和数据格式等。图 3 是系统软件流程图。

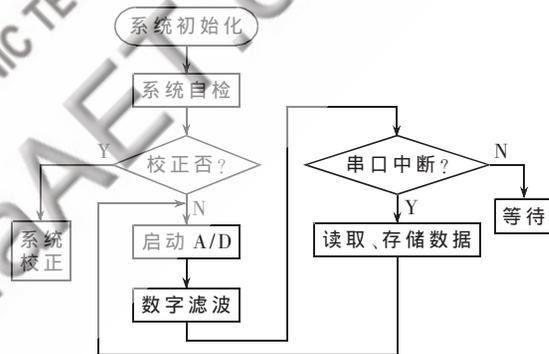


图 3 系统软件设计流程图

3.2 系统初始化以及串口配置

在系统启动后就进行初始化,完成系统参数的设置。在单片机程序中完成晶振初始值设置、工作模式设置、开启中断、定时器等。系统进行初始化后,进入系统自检。系统自检主要完成显示部分、存储器以及其他功能部件的检查工作。

在进行串口通信之前要对控制器的串口进行正确的配置,包括串口的工作方式、波特率等。本文主处理器采用 STC89C52RC 单片机,串口设置为方式 1,串口的波特率设置为 9 600 b/s。

3.3 ADS1234 数据采集设计

图 4 所示为 ADS1234 的工作时序图。 $\overline{\text{DRDY}}/\text{DOUT}$ 引脚有两个功能。首先,其变为低电平时表明有数据准备就绪,然后在 SCLK 时钟的第一个上升沿,该引脚改变其功能,开始输出转换好的数据,最高有效位(MSB)优先。数据在每个 SCLK 的上升沿输出。当 24 位数据(第 24 个 SCLK 时钟)

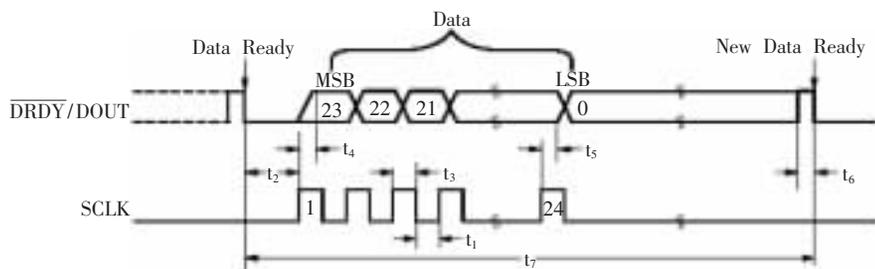


图4 ADS1234 工作时序图

都被获取之后,将 $\overline{\text{DRDY}}/\text{DOUT}$ 引脚强制拉高,并持续为高,直到有新的数据准备就绪。正是由于 $\overline{\text{DRDY}}/\text{DOUT}$ 引脚的这种特性,在本文中采用了中断的方式进行数据采集。

以下为 ADS1234A/D 转换核心源代码:

//高 12 位 A/D 转换程序

```
for(i=0;i<12;i++)
```

```
{ sclk=1;
```

```
_nop_();
```

```
_nop_();
```

```
sclk=0;
```

```
if(dout==1)
```

```
rice=(rice<<1)|0x0001;
```

```
else
```

```
rice=rice<<1;
```

```
_nop_();
```

```
_nop_();
```

```
}
```

3.4 系统校正

对 ADS1234 进行偏置校正,是在获得 24 位数据之后至少两个额外的 SCLK 时钟信号,即第 26 个 SCLK 时钟下降沿时开始校正周期。完成校正后, $\overline{\text{DRDY}}/\text{DOUT}$ 为低,表明新的数据准备就绪。偏置校正所需的时间 t_8 (即 26 个 SCLK 之后的时间),当使用的晶振为典型值 4.912 5 MHz 时, $\text{SPEED}=1$ 时,其 MIN 值为 10.23 ms, MAX 值为 101.29 ms, $\pm 3\%$ 的浮动范围。可以看到,其所花的时间较长,大大降低了整个系统的运行速度,故要在系统运行一段时间后进行一次校正。

4 提高称重精度的辅助措施

4.1 传感器安装技巧

传感器是整个称重系统的核心部件之一,要获得可靠的数据源就要选择合理的安装方式。具体包括:(1)传感器的加载方向与车辆的受载方向相一致,避免横向力、附加的弯矩、扭矩力;(2)安装传感器的底座安装面应平整、清洁,无任何油膜、胶膜等存在;(3)尽量采用有自动定位作用的结构配件,如球形轴承、关节轴承、定位紧固器等,防止某些横向力作用在传感器上;(4)每只传感器安装底座的安装平面要求水平,多个传感器的安装底座的安装面要尽量调整到一个水平面上,以保证各传

感器所承受的负荷基本一致;(5)称重传感器周围设置一些防护罩,以防止杂物污染传感器和某些可动部分,保证称量精度。

4.2 稳压电源设计

在本文中采用 LM2576 集成芯片进行电源稳压设计。LM2576 系列的稳压器是单片集成电路,能提供压降开关稳压器 (buck) 的各种功能,能驱动 3 A 的

负载,具有优异的线性和负载调整能力。这些稳压器内部含有频率补偿器和一个固定频率振荡器,将外部元件的数目减少到最少,使用简便。

4.3 数字滤波设计

数字滤波器 (Digital Filter) 是由数字乘法器、加法器和延时单元组成的一种装置,其功能是对输入离散信号的数字代码进行运算处理,以达到改变信号频谱的目的。本文以软件滤波为例,结合滑动平均滤波器来说明。其滤波算法是采样一次后,将这一次采样值和过去的若干次采样值一起求平均,得到的有效采样值作为本次测得值使用。取 N 个采样值求平均, RAM 中要开辟 N 个数据的暂存区。每采集一个数据都要存入暂存区,同时去掉一个最早的数据,保持这 N 个数据始终是最近的数据^[5-6]。

部分核心源代码如下:

```
//滑动平均法数字滤波
```

```
ulong filter(ulong ad)
```

```
{
```

```
static ulong buff [9]={0,0,0,0,0,0,0,0,0}; //滤波缓冲区的大小
```

```
static uchar in=0;
```

```
static ulong total=0;
```

```
total-=buff[in];
```

```
buff[in]=ad;
```

```
in++;
```

```
if(in==9)
```

```
{
```

```
in=0;
```

```
}
```

```
total+=ad;
```

```
return (total/9);
```

```
}
```

5 称重实验

本文采用加载机对实验小车进行力学加载试验。载荷从零开始,每次增加 500 N,加载至 20 kN (此力接近于汽车超载重量)。基于实验条件的限制,试验中电压值精确到 0.01 mV。表 1 所示为部分输出电压值。

当力小于 3 kN 时,电压缓慢上升,说明应变变化很小,当力大于 3 kN 时,电压呈线性上升,应变呈线性变

表 1 加载实验记录表

力/kN	电压/mV	力/kN	电压/mV
8.5	0.54	12.5	0.96
9	0.59	13	1.01
9.5	0.64	13.5	1.06
10	0.70	14	1.12
10.5	0.75	14.5	1.17
11	0.81	15	1.23
11.5	0.86	15.5	1.28
12	0.91	16	1.34

化。接下来,对实验数据进行曲线拟合。假设加载力为 F (kN),输出电压为 V (mV),则可以推算出输出电压与重量的关系式为:

$$V=0.1F-0.3 \quad (1)$$

通过验证式(1),可以看到本实验的精度在 0.01 mV。

本文所设计的一种基于 ADS1234 称重系统,具有数字化、高精度等优点。所设计的系统外围电路简单,易于在称重领域中推广。结合本文所述的数字滤波等技术,本系统也具有工作状态稳定和稳定时间短等优点。

参考文献

- [1] 杨巍,蔡建立.高精度采集称重主控仪表的设计[J].福建电脑,2009,25(11):135-136.
- [2] 苏堡莹,金伟,曹建伟,等.高精度力传感器信号直接数字化技术研究[J].机电工程,2005,22(5):19-22.
- [3] 王幸之,王雷,钟爱琴,等.单片机应用系统电磁干扰与抗干扰技术[M].北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- [4] 徐亮,阮江军,甘艳,等.去耦电容在 PCB 板设计中的应用[J].电测与仪表,2002,39(36):5-8.
- [5] 孙国银.AD73360 在电量测量系统中的应用[J].中国测试技术,2007,33(2):70-73.
- [6] KWAN H K. Improved systolic allpass digital filters for very high-speed applications[J].Electron. Lett. 28, 2061 (1992); doi:10.1049/el:19921321.
- [7] GOODALL R, JONES S, CUMPLIDO R. Digital filtering for high performance real-time control. IEE Colloquium on Digital Filters: An Enabling Technology(1998/252). London, UK, 20 April 1998.

(收稿日期:2010-05-23)

作者简介:

王雁彬,男,1964年生,硕士,高级工程师,主要研究方向:模具设计、计算机技术、风机设计。