

# 基于 TMS320C5402 和 AD7705 芯片的信号采集系统

杨明远, 何颖

(湖南商务职业技术学院, 湖南 长沙 410205)

**摘要:** 提出一种基于 TMS320C5402 和 AD7705 的信号采集系统设计方案。系统采用 TMS320C5402 为主控芯片, 以 16 位低功耗、高性能的 AD7705 为模/数转换器, 通过 SPI 接口进行通讯。基于 AD7705 的结构和原理, 重点介绍了 AD7705 与 TMS320C5402 的接口电路和接口程序设计。实验结果表明, 实现了 AD7705 的高精度数据采集。

**关键词:** TMS320C5402; AD7705; 信号采集; 高精度

中图分类号: TP274+.2

文献标识码: B

## Signal acquisition system based on the TMS320C5402 and AD7705

YANG Ming Yuan, HE Ying

(Hunan Vocational Technical Commerce College, Changsha 410205, China)

**Abstract:** A method of signal acquisition system design based on the union of TMS320C5402 and AD7705 is proposed. It's MCU is TMS320C5402, AD7705 is a 16 bits low power and high performance, it's took as the heart of A/D converter device, SPI interface is applied in the communication between both sides. The structure and principle of AD7705 are introduced and the interface circuit and program between AD7705 and TMS320C5402 are presented. As the results of experiment indicated, high-precision data acquisition of AD7705 is implemented.

**Key words:** TMS320C5402; AD7705; signal acquisition; high degree of accuracy

在智能仪器仪表的应用中, 需要将传感器输出的模拟信号转换为数字信号, 以实现微机的控制。数据采集是智能测试的重要环节, 其采集的数据精度和稳定性对智能测试有重要的意义。测试技术的进步要求数据采集系统的精度更高、功能更强、成本低廉、体积更小。近年来兴起的  $\Sigma$ - $\Delta$  A/D 转换技术能以较低的成本获取极高的分辨率。AD 公司的 AD7705/06 以及 AD7707 为比较典型的一种 16 位 A/D 转换芯片, 它集放大、滤波及 A/D 转换单元于一体<sup>[1]</sup>。而 TI 公司的 DSP 芯片 TMS320C5402 具有高速度、低功耗、功能强、接口方便等特点, 是一款性价比较高的微处理器。本文所介绍的数据采集系统即以 TMS320C5402 为微处理器, AD7705 为 A/D 转换芯片, 两者通过 SPI 接口通信构成高精度低频微小信号数据采集系统。

### 1 模数转换器 AD7705

AD7705 是 AD 公司新推出的 16 位  $\Sigma$ - $\Delta$  A/D 转换器, 能直接将传感器测量到的多路微小信号进行 A/D

转换。这种器件还具有高分辨率、宽动态范围、自校准、优良的抗噪声性能以及低电压低功耗等特点, 非常适合仪表测量、工业控制等领域的应用。它采用三线串行接口, 有 2 个全差分输入通道, 能达到 0.003% 非线性的 16 位无误码数据输出, 其增益和数据输出更新率均可编程设定, 还可选择输入模拟缓冲器以及自校准和系统校准方式<sup>[2]</sup>。AD7705 工作电压为 3 V 或 5 V。3 V 电压时, 最大功耗为 1 mW, 等待模式下电源电流仅为 8  $\mu$ A。

#### 1.1 内部结构

图 1 为 AD7705 内部结构框图<sup>[1]</sup>。AD7705 芯片是带有自校正功能的  $\Sigma$ - $\Delta$  的 A/D 转换器, 其内部由多路模拟开关、缓冲器、可编程增益放大器 (PGA)、 $\Sigma$ - $\Delta$  调制器、数字滤波器、基准电压输入、时钟电路及串行接口组成。其中串行接口包括寄存器组, 它由通信寄存器、设置寄存器、时钟寄存器、数据输出寄存器、零点校正寄存器和满程校正寄存器等组成。

AD7705 的 PGA 可通过指令设定, 对不同幅度的输

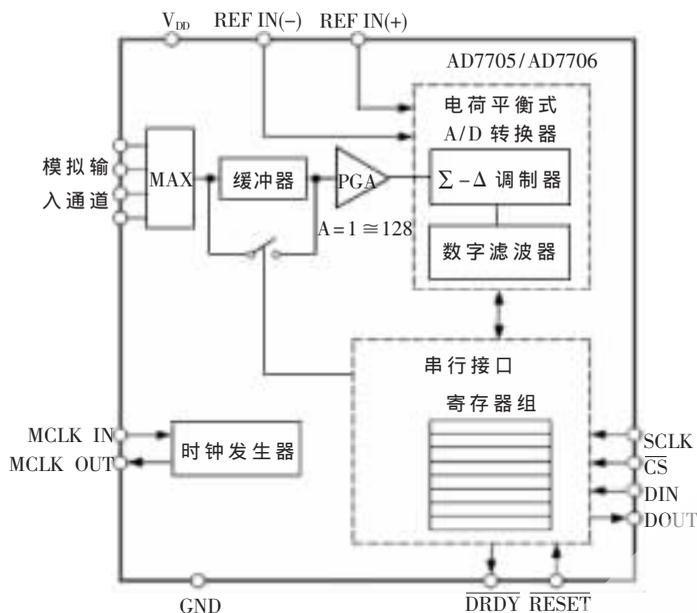


图1 AD7705 内部结构框图

入信号实现 1、2、4、8、16、32、64 和 128 倍的放大,因此,AD7705 芯片既可接收从传感器送来的低电平输入信号,又可接收高电平信号。

### 1.2 片内寄存器

AD7705 片内包括 8 个寄存器,均通过器件串行接口访问。限于篇幅,这里主要介绍以下寄存器的作用,寄存器的位功能可以查阅相关手册。

(1)通信寄存器。它的内容决定下一次操作是对哪一个寄存器进行读操作还是写操作,并控制对哪一个输入通道进行采样。所有与器件的通信都必须先写通信寄存器。上电或复位后,器件默认状态为等待指令数据写入通信寄存器。通信寄存器各位的说明如表 1 所示,它的寄存器选择位 RS2~RS0 确定下次操作访问哪一个寄存器,而输入通道选择位 CH1、CH0 则决定对哪一个输入通道进行 A/D 转换或访问校准数据。

表 1 通信寄存器格式

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0/DRDY(0)	RS2(0)	RS1(0)	RS0(0)	R/W(0)	STBY(0)	CH1(0)	CH0(0)

(2)设置寄存器:是一个可读/写的 8 位寄存器,用于设置工作模式、校准方式、增益等。

(3)时钟寄存器:它也是一个可读/写的 8 位寄存器,用于设置有关 AD7705 运行频率参数和 A/D 转换输出更新速率。

(4)数据寄存器:是一个 16 位只读寄存器,存放 AD7705 最新的转换结果。值得注意的是,数据手册上虽然说明它是一个 16 位的寄存器,但实际上它是由 2 个 8 位的存储单元组成的,输出时 MSB 在前,如果接收微控制器则需要 LSB 在前,例如 8051 系列,读取时应该分 2 次读,每次读出 8 位分别倒序,而不是整个 16 位倒序。

24 欢迎网上投稿 [www.pcachina.com](http://www.pcachina.com)

其他的寄存器分别是测试寄存器、零标度校准寄存器、满标度校准寄存器等,用于测试和存放校准数据,可用来分析噪声和转换误差。

### 1.3 校准功能

为提高 A/D 转换质量,AD7705 提供自校准和系统校准 2 种功能选择,向设置寄存器的 MD1 和 MD0 写入相应的值来选择自校准还是系统校准。每当环境温度和工作电压发生变化,或者器件的工作状态改变(如输入通道切换)、增益或数字滤波器陷波频率变动、信号输入范围变化等任一项发生时,必须进行 1 次校准。对于自校准方式,校准过程在器件内部 1 次完成。AD7705 内部设置 AIN(+)端和 AIN(-)端为相同的偏置电压,以校准零标度。满标度校准是在一个内部产生的  $V_{REF}$  电压和选定的增益条件下进行的。系统校准则是对整个系统增益误差和偏移误差,包括器件内部误差进行校准。在选定的增益下,先后在外给 AIN(+)端施加零标度电压和满标度电压,先校准零标度点,然后校准满标度点。根据零标度和满标度的校准数据,片内的微控制器计算出转换器的输入输出转换函数的偏移和增益斜率,对误差进行补偿。

### 1.4 数字滤波和输出更新速率

模拟信号由  $\Sigma$ - $\Delta$  调制器变换为占空比被模拟电压调制(调宽)的数字脉冲串,然后在片内使用低通数字滤波器将其解释成 16 位二进制码并滤去噪声,以完成 A/D 转换。低通数字滤波器的振幅频率特性如下:

$$H(f) = \left| \frac{1}{N} \times \frac{\sin(N \times \pi \times f/f_s)}{\sin(\pi \times f/f_s)} \right|^3$$

式中, $N$  为调制速率与输出更新速率之比。

需要指出的是,器件产生的噪声源主要来自半导体噪声和量化噪声,PGA 放大量和滤波器第一陷波频率越低,则输出的半导体噪声和量化噪声越小,A/D 转换器的实际分辨率越高。

## 2 信号采集系统的实现

AD7705 灵活的串行接口使得其能与大多数微计算机和微处理器很容易地进行接口,目前,用得最多的是与单片机进行接口。本系统是以 DSP 芯片 TMS320C5402 为微处理器组成数据采集系统,主要是借助 DSP 的强大功能,使采集信号的后续处理(如转换、显示、打印)更加方便。

### 2.1 系统硬件设计

图 2 为系统硬件接口电路,TMS320C5402 作为主设备提供时钟信号并控制数据传输过程。TMS320C5402 的 McBSP 串口工作在时钟停止模式时与 SPI 协议兼容。McBSP 可以作为 SPI 设备的主设备或者从设备,在这种模式下,接收时钟信号 BCLKR 和接收帧同步信号 BFSR 将不进行连接,因为它们在内部分别与 BCLKX 和 BFSX 相连接<sup>[3]</sup>。

《信息化纵横》2009 年第 9 期

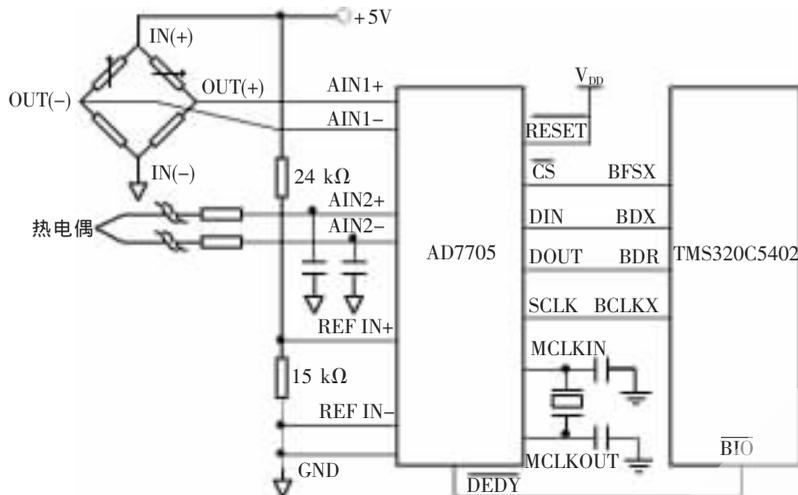


图2 系统硬件连接示意图

AD7705 的串行数据接口包括 5 个接口, 其中片选输入 CS、串行时钟输入 SCLK、数据输入 DIN、转换数据输出口 DOUT 用于传输数据, 状态信号输出口  $\overline{\text{DRDY}}$  用于指示什么时候输出数据寄存器的数据准备就绪。当  $\overline{\text{DRDY}}$  为低电平时, 转换数据可用; 当  $\overline{\text{DRDY}}$  为高电平时, 输出寄存器正在更新数据, 不能读取数据。本系统中,  $\overline{\text{DRDY}}$  输出线与 TMS320C5402 的  $\overline{\text{BIO}}$  管脚相连, 通过查询  $\overline{\text{BIO}}$  可知 AD7705 的状态。器件的 A/D 转换过程是按设定的数据输出更新速率连续进行的。任何操作都需要对相应片内寄存器送入新的编程指令。

## 2.2 系统软件设计

软件设计主要考虑以下 4 个方面:

(1) TMS320VC5402 串口的初始化。首先将 DSP 串口 0 复位, 再对串口 0 的寄存器进行编程, 使 DSP 串口工作在以下状态: 以 SPI 模式运行, 每帧 1 相, 每相 1 个字, 每字 16 位, 帧同步脉冲低电平有效, 并且帧同步信号和移位时钟信号由内部产生。

(2) AD7705 的初始化和配置。上电或复位后, 器件默认状态为等待指令数据写入通信寄存器。它的寄存器选择位 RS2~RS0 确定下次操作访问哪一个寄存器, 而输入通道选择位 CH1、CH0 则决定对哪一个输入通道进行 A/D 转换或访问校准数据。

(3) 虽然 AD7705 的通信寄存器、时钟寄存器都是 8 位的, 数据寄存器是 16 位的, 但访问前面 3 个寄存器时可以将前后 2 次写操作成功连接起来, 使读写操作都是 16 位数据传输处理, 这样刚好与 16 位的 TMS320C5402 匹配。例如: 写时钟寄存器时, TMS320C5402 往 AD7705 写入的字为 2005H。

综合以上考虑, 系统程序流程图如图 3 所示。程序代码(这里只给出读写 AD7705 的程序代码)如下:

```
STM #3FFFH, IFR
```

《信息化纵横》2009 年第 9 期

```
STM #2005H, DXR10 ;写时钟寄存器
IDLE 1
STM #3FFFH, IFR
STM #1070H, DXR10 ;写设置寄存器
IDLE 1
WAIT: STM #3FFFH, IFR
BC WAIT, NBIO ;等待  $\overline{\text{BIO}}$  为零
STM #3FFFH, IFR
STM #0038H, DXR10 ;设置下次读数据寄存器
IDLE 1
STM #3FFFH, IFR
LDM DRR10, A ;读数据寄存器; 结果存累加器 A 中
STM #3FFFH, IFR
```

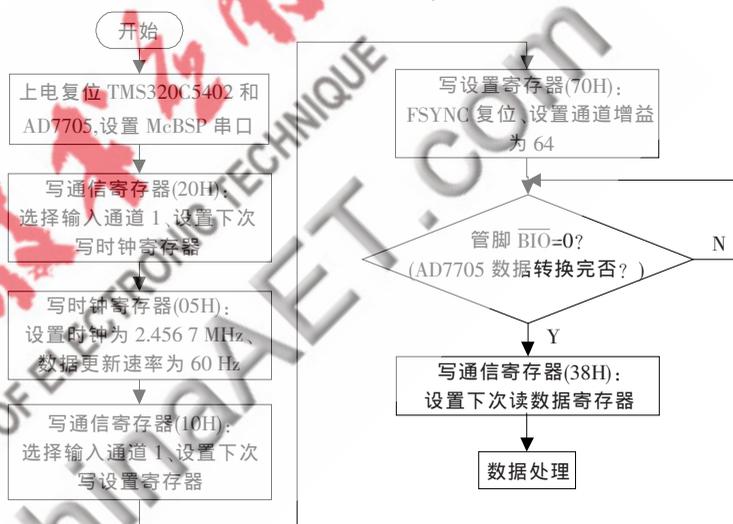


图3 系统程序流程图

## 3 系统的制作与调试

AD7705 的印制板电路必须按规格设计, 以确保模拟区和数字区分开并各自限定在电路板上的一定区域。利用接地平面将它们分开, 可达到最好的屏蔽性能, 并在一个地方将模拟和数字接地平面连接在一起, 以避免出现接地环路; 避免在元器件下面走数字线, 否则会造成片内噪声成倍增加; AD7705 的电源线应足够粗, 以降低线路阻抗, 减少电源供电的尖峰信号的影响; 时钟信号不能在模拟输入信号附近通过, 模拟信号和数字信号之间避免相互交叉; 所有的模拟电源都用 1 个 10  $\mu\text{F}$  电容并联 1 个 0.1  $\mu\text{F}$  的陶瓷电容器接地去耦<sup>[4]</sup>。

在调试系统时, 采用 Sensym 公司的 BP01 测压计, 压力传感器构成半差动电桥, 在它的 OUT+ 和 OUT- 端输出 1 个差分输出电压。电桥的转换系数为 3 mV/V, 电桥激励电压为 5 V, 因此传感器的满度输出电压为 15 mV。电桥激励电压还用为 AD7705 产生基准电压, 因此, 激

励电压的变化不会造成系统内的误差。图 2 中 AD7705 产生的基准电压为 1.92 V, AD7705 具有 128 的可编程增益时, AD7705 的满度输入为 15 mV。AD7705 的第 2 个通道可以作为一个辅助通道测量另一个变化量, 如温度。

本文所介绍的高精度信号采集系统接口电路简单、编程方便, 系统程序代码已经在 CCS3.1 开发环境上得到验证, 并且将制作的 AD7705 板与 DSP 实验箱上的 MS320C5402 的 McBSP 串口连接, 获得成功地通信和数据采集。本信号采集系统具有一定的推广应用价值。

#### 参考文献

- [1] 高廷正, 何道清, 刘雷. 基于 PIC18F458 和 AD7705 的信号采集系统[J]. 仪器仪表用户, 2008(6): 67-69.
- [2] 刘红玲. 基于 AVR 和 AD7705 的信号采集系统[J]. 现代电子技术, 2008(6): 47-48.
- [3] 李利. DSP 原理及应用实用技[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004: 200-210.
- [4] 许广宾, 孙林, 程瑞涵. AD7705 在智能数字仪表中的应用[J]. 科技信息, 2008(17): 413-454.

(收稿日期: 2009-02-11)

电子技术应用  
APPLICATION OF ELECTRONIC TECHNIQUE  
www.chinaAET.com