

收稿日期: 2002- 03- 15

16 位 Σ - Δ A/D 转换器 AD7705 与微控制器的接口设计

Interface Design of 16 b Σ - Δ A/D Converter AD7705 and Microcontroller

黄光辉 董天临

Huang Guanghui Dong Tianlin

(华中科技大学电信系 武汉 430074)

(Department of Electronic and Information, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, 430074, China)

摘要 介绍了 16 位 Σ - Δ A/D 转换器 AD7705 的特点、结构和应用, 并举例说明这种串行输入/输出的 A/D 转换器与微控制器的一般接口方式, 指出了微控制器对 AD7705 片内寄存器编程的关键, 并且给出了数据手册中没有的 C51 接口读写程序。

关键词 Σ - Δ A/D 转换器 数字滤波器 增益可编程放大器

AD7705 是 AD 公司新推出的 16 位 Σ - Δ A/D 转换器。器件包括由缓冲器和增益可编程放大器 (PGA) 组成的前端模拟调节电路, Σ - Δ 调制器, 可编程数字滤波器等部件。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, 有两个全差分输入通道, 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。工作电压 3V 或 5V。3V 电压时, 最大功耗为 1mW, 等待模式下电源电流仅为 8 μ A。

1 内部结构

AD7705 是完整的 16 位 A/D 转换器。内部结构如图 1。若外接晶体振荡器、精密基准源和少量去耦电容, 即可连续进行 A/D 转换。它采用了成本较低但能获得极高分辨率的 Σ - Δ 转换技术, 可以获得 16 位无误码数据输出。这一点非常符合对分辨率要求较高但对转换数字要求不高的应用, 例如数字音频产品和智能仪器仪表产品等。下面对该器件几个重要部分和特性作简要说明。

增益可编程放大器 AD7705 包括两个全差分模拟输入通道。片内的增益可编程放大器 PGA 可选择 1、2、4、8、16、32、64、128 八种增益之一, 能将不同摆幅范围各类输入信号放大到接近 A/D 转换器的满标度电压再进行 A/D 转换, 这样有利于提高转换质量。当电源电压为 5V, 基准电压为 2.5

V 时, 器件可直接接受从 0~ 20mV 至 0~ 2.5V 摆幅范围的单极性信号和从 0~ \pm 20mV 至 0~ \pm 2.5V 范围的双极性信号。必须指出: 这里的负极性电压是相对 AN (-) 引脚而言的, 这两个引脚应偏置到恰当的正电位上。在器件的任何引脚施加相对于 GND 为负电压的信号是不允许的。输入的模拟信号被 A/D 转换器连续采样, 采样频率 f_s 由主时钟频率 f_{CLK} 和选定的增益决定。增益 (16~ 128) 是通过多重采样并利用基准电容与输入电容的比值共同得到的。

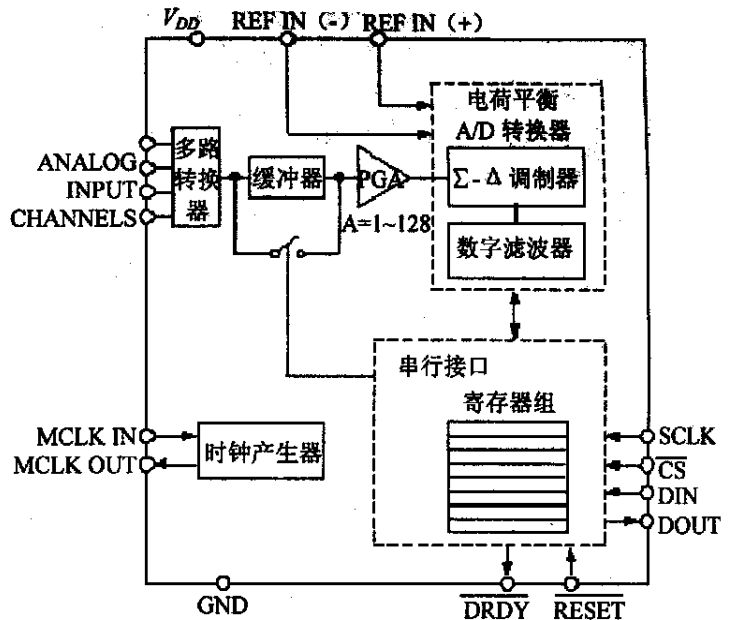


图 1 AD7705 的内部结构

数字滤波和输出更新速率 模拟信号由 Σ - Δ 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

位二进制数码并滤去噪声,以完成 A/D 转换。AD7705 采用一个 $(\sin N x / \sin x)^3$ 函数低通数字滤波器,其幅频特性如下:

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

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凹口频率越低,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。

校准和自校准 为提高 A/D 转换质量,AD7705 提供自校准和系统校准两种功能选择。每当环境温度和电压发生变化,或者器件的工作状态改变如输入通道切换、增益或数字滤波器第一凹口频率变动、信号输入范围变化等任一项发生时,必须进行校准。对于自校准方式,校准过程在器件内部一次完成。AD7705 内部设置 $A N(+)$ 端和 $A N(-)$ 端为相同的偏置电压,以校准零标度;满标度校准是在一内部产生的 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 $A N(+)$ 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。

数字接口 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 DN、转换数据输出 DOUT 用于传输数据,状态信号输出 DRDY 用于指示什么时候输出数据寄存器的数据准备就绪。当 DRDY 为低电平时,转换数据可用;当 DRDY 为高电平时,输出寄存器正在更新数据,不能读取数据。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。

片内寄存器 AD7705 包括 8 个寄存器,均通过器件串行口访问。第一个是通信寄存器,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。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。第 2 个是设置寄存器,它是一个可读/写 8 位寄存器,用于设置工作模式、校准方式、增益等等。第 3 个是时钟寄存器,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。第 4 个是数据寄存器,它是一个 16 位只读寄存器,它存放 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,但实际上它是由两个 8 位的存储单元组成的,输出时 MSB 在前,如果接收微控制器需要 LSB 在前,例如 8051 系列,读取的时候应该分两次读,每次读出 8 位分别倒序,而不是整个 16 位倒序。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。

2 微控制器接口应用举例

AD7705 采用 SPI/QSPI 兼容的三线串行接口,能够方便地与各种微控制器和 DSP 连接,也比并行接口方式大大节省了 CPU 的 I/O 口。下图所示的应用电路中,采用 80C51 控制 AD7705,对桥式传感信号进行模数转换。此方案采用二线连接收发数据,AD7705 的 CS 接到低电平,DRDY 的状态通过监视与 DRDY 线相连的 P3.2 得到(也可通过访问通信寄存器的 DRDY 位来判断以节省一个 I/O 口)。该应用中采用同一个电源来产生传感器桥路激励电压和 AD7705 的基准参考电压,所以在电压的变化时它们所受到的影响比例相同,不会产生系统误差,因此降低了对电压稳定性的要求。这也是取代昂贵的高精度基准电压电路而不降低性能的一般做法。80C51 配置为串行接口方式 0 工作模式,其数据串口线 RXD(P3.0)与 AD7705 的 DN、DOUT 引脚连接在一起,并接一个 10 k Ω 的上拉电阻。时钟接口 TXD 与 AD7705 的 SCLK(P3.1)相连,为传输数据提供时钟。无数据传送时,TXD 闲置为高电平。

需要说明的是与读操作类似,在写操作模式下,80C51 的数据输出为 LSB 在前,而 AD7705 希望 MSB 在前,所以数据写之前必须倒序。下面是关键的几个 C51 函数。

unsigned char rearrange(unsigned char a)

/* 将一个字节倒序的函数 */

```

{ unsigned char i, b;
  b= a&0x01; for(i= 1; i< 8; i+ + ) {b= b< < 1; a= a> > 1; b= b+ (a&0x01); } return(b); }
void write(unsigned char a) /* 向AD7705 写入一个字节的函数 */
{ T= 0; SBUF= a; while(! T); }
unsigned int readword() /* 从AD7705 读出两个字节的函数 */
{ char high8, low8; unsigned int out;
  while(DRDY); /* 等待数据可以输出 */
  SCON= 0; REN= 1; while(! R); high8= SBUF; R= 0; while(! R); low8= SBUF; REN= 0;
  out= rearrange(high8); out= out<< 8; out= out+ rearrange(low8); return(out);
  /* 两个8位分别倒序再以原有相对位置连成一个16位数据, 而不是整个16位倒序 */ }
void init1() /* 对采样通道的初始化函数, 所有的控制数据均已倒序 */
{ write(0x04); /* 写0x20到通讯寄存器选通A N1对(0x84选通A N2), 下一步指向ClockREG */
  write(0xf0); /* 写0x0C到ClockReg: 接4.9512MHz晶振, 二分, output rate 500Hz */
  write(0x08); /* 写0x10到通讯寄存器选通A N1对(0x88选通A N2), 下一步指向SetupREG */
  write(0x62); /* 写0x46到SetupReg: gain= 1, 单极, buffer on, FSYNC= 0, 自校准 */ }
    
```

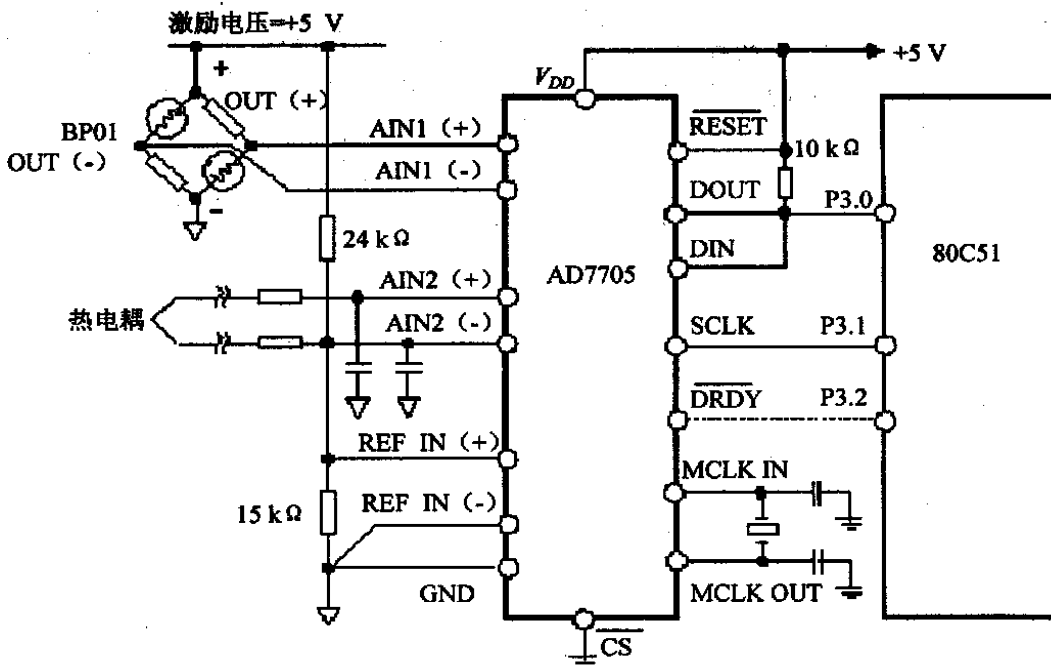


图2 AD7705 用于压力测量的电路

Abstract The feature, structure and application of 16 b sigma- delta A/D Converter AD7705 are introduced, it also show an example of the usual interface design of this chip and microcomputer. It present the key point of microcontroller programming with the built-in register of AD7705, and the access interface functions written in C51 which is not given in the data sheet are also listed.

Keywords Σ - Δ , A/D converter, digital, filter, programmable-gain amplifier

作者简介 黄光辉 男, 华中科技大学电子与信息工程系 99 级研究生。
董天临 男, 华中科技大学电子与信息工程系教授, 博士生导师。