

# 基于 MSP430 单片机的多路信号采集系统\*

马育锋<sup>1)</sup> 龚沈光<sup>2)</sup>

(湖北省环境保护局<sup>1)</sup> 武汉 430072) (海军工程大学兵器工程系<sup>2)</sup> 武汉 430033)

**摘要:**根据微弱模拟信号的检测需要,利用 AD7706 具有低功耗、高精度 A/D 转换的特点,以 MSP430F149 为控制器,设计了一种多路信号采集系统,编制了 A/D 转换以及 MSP430F149 与 PC 机之间的串行通信软件,实现了采集到的数据能在 PC 机上显示、存储、绘制曲线,同时 PC 机能给单片机发送控制命令等功能.实践表明该系统能可靠运行.

**关键词:**数据采集;MSP430F149;AD7706;串口通信

**中图分类号:**TP274

**DOI:**10.3963/j.issn.1006-2823.2009.02.044

## 0 引言

MSP430 系列单片机是美国德州仪器公司(TI)推出的 16 位超低功耗的混合信号控制器,它具有处理能力强、运行速度快、资源丰富、开发方便等优点,在许多行业都得到了广泛的应用<sup>[1-2]</sup>.本文利用 MSP430F149 型单片机,设计了多路信号采集系统.对来自海面上的微弱信号,通过精密的传感器进行测量,经过滤波和放大电路处理后,得到 -2.5~2.5 V 的直流电压信号,通过三通道高精度、低功耗 16 位 A/D 转换器 AD7706 进行数据转换后,单片机把数据通过串口通信发送到上位机,在 PC 机上实现数据存储与显示功能,并把采集数据绘制成曲线,同时 PC 机也可以通过发送命令字对采集过程进行控制.

## 1 多路信号采集系统硬件

### 1.1 MSP430

MSP430 系列单机电源电压采用 1.8~3.6 V 低电压,系统有一种活动模式(AM)和 5 种低功耗模式(LPM0~LPM4);采用目前流行的精简指令集(RISC)结构,具有强大的处理能力;结合 TI 的高性能模拟技术,集成了较丰富的片内

外设;大量使用 FLASH 型器件,具有方便高效的开发调试环境.器件片内有 JTAG 调试接口,还有可电擦写的 FLASH 型存储器,通过 JTAG 接口下载程序到 FLASH 内,再在器件内通过软件控制程序的运行,由 JTAG 接口读取片内信息,供设计者调试使用.

本文选择 MSP430F149 作为微控制器,它集成了多种功能模块:具有 8 路 12 位 200 ksps 的 A/D 转换器,自带采样保持;6 个 8 位并行端口 P1~P6,能实现输入/输出功能和外围模块功能;硬件乘法器;60 kB FLASH ROM 和 2 kB RAM;3 个捕获/比较寄存器的 16 位定时器 Timer\_A, Timer\_B;两通道串行通道接口可用于异步或同步(UART/SPI 模式).

### 1.2 AD7706 及与 MSP430F149 的连接

考虑到本系统接收的海面上的模拟信号很微弱,为了提高 A/D 转换的精度,选择 AD7706 作为外接 16 位 A/D 转换器.

AD7706 是 AD 公司新推出的 16 位  $\Sigma$ - $\Delta$ A/D 转换器,器件包括缓冲器和增益可编程放大器(PGA)组成的前端模拟调节电路、 $\Sigma$ - $\Delta$  调制器、可编程数字滤波器等部件. AD7706 具有以下特点:有 3 个准差分输入通道;16 位无丢失代码;非线性不大于 0.003%;可编程增益;采样率可编程设

收稿日期:2008-10-24

马育锋:女,37 岁,博士后,副研究员,主要研究领域为军用目标特性探测与制导、计算机网络、智能控制等

\* 中国博士后科学基金资助(批准号:20060400838)

定;具有系统校准与自校准功能;标准三线串行接口;工作电压为 2.7~3.3 V 或 4.75~5.25 V;3 V 时最大功耗为 1 mW. 这些特点使 AD7706 非常适合应用在仪表测量、工业控制等领域.

AD7706 需要外部时钟才能工作,本系统采用频率为 2.457 6 MHz 的晶振. 基准源外接 2.5 V,由 6 V 电池通过稳压芯片 MAX873 输出得到. 3 路微弱信号经过滤波和放大电路处理后,变为 AD7706 能接受的电压信号,作为 3 通道模拟量输入. AD7706 串行数据接口包括 5 个信号:片选信号  $\overline{CS}$ 、串行时钟输入 SCLK、串行数据输入 DIN、串行数据输出 DOUT,状态信号  $\overline{DRDY}$ . 所有的数据传输都与 SCLK 有关.  $\overline{DRDY}$  表示输出数据寄存器的数据是否准备就绪,可以读取. 当  $\overline{DRDY}$  为低电平时,转换数据可以读取;为高电平时,输出寄存器正在更新数据,不能读取.

AD7706 与 MSP430F149 的连接如图 1 所示. 将单片机的 I/O 端口 P1 的 5 位 P1.4, P1.3, P1.2, P1.1, P1.0 分别与  $\overline{CS}$ ,  $\overline{SCLK}$ ,  $\overline{DRDY}$ , DIN, DOUT 管脚进行连接,可以实现对 A/D 转换的控制.

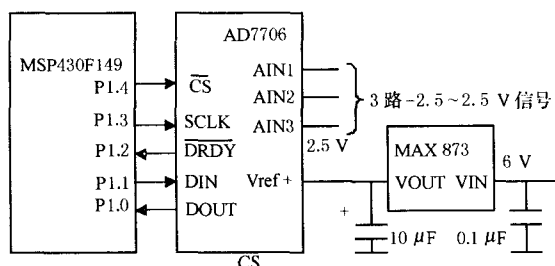


图1 AD7706与MSP430F149的连接

MAX3232与MSP430F149的连接,经A/D转换后的数据要通过MSP430F149的串口通信模块发送到PC机,需要与PC机配置的RS-232标准串行接口COM1或COM2相连. 由于单片机的输入、输出电平为TTL电平,与PC机RS-232标准串行接口的电气规范不一致,因此需要进行电平转换.

MAX3232是一低功耗RS232驱动芯片,工作电压为3.0~5.5 V,在管脚C1+与C1-,C2+与C2-之间,以及V+和V-处分别放置0.1  $\mu$ F的电容器实现充电作用,以满足相应的充电泵的要求. 管脚T1OUT, T1IN, R1OUT和R1IN分别是RS232转换的输入输出脚,实现单片机的TTL电平与上位机的接口电平的转换.

MAX3232与MSP430F149的连接如图2所示. T1IN是TTL/CMOS的输入,与单片机的

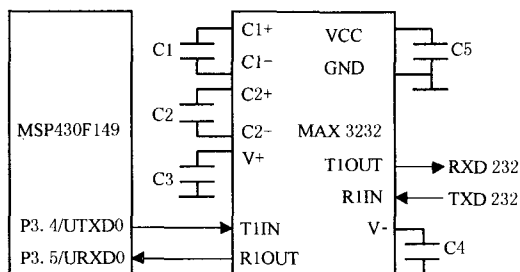


图2 MAX3232与MSP430F149的连接

UTXD0 相连;R1OUT 是 TTL/CMOS 的输出,与单片机的 URXD0 相连. T1OUT 是 RS232 驱动的输出,接 PC 机的接收端;R1IN 是 RS232 的输入,与 PC 机的发送端相连. 为了工作的稳定性,T1OUT 和 R1IN 管脚可外接 5 k $\Omega$  电阻到地.

## 2 多路信号采集系统软件

采集系统软件包括主程序和中断服务程序. 主程序进行初始化设置、定时器中断设置,然后进入低功耗模式. 当定时器定时时间到,就进入中断服务程序,进行 A/D 转换和与 PC 机进行串口通信.

### 2.1 A/D 转换软件

在采样周期内,依次对 3 路模拟信号进行 A/D 转换.

对 AD7706 的编程主要是设置各类寄存器,包括通信寄存器、时钟寄存器、设置寄存器、数据寄存器等. 对这些寄存器的操作,首先要访问通信寄存器,它管理通道选择、决定下一步操作是读还是写,以及下一步读或写哪一个寄存器. 由于软件错误或系统中的闪烁信号会造成接口迷失,为避免发生接口迷失,可定时复位系统接口,使通信寄存器回到等待写状态. 可通过向 DIN 输入端写入至少 32 个串行时钟周期的高电平以复位串行接口. 图 3 为 A/D 转换流程图.

### 2.2 MSP430 与 PC 机的串行通信软件

2.2.1 MSP430 串口通信软件 MSP430 通信模块在每个采样周期内把采集并进行 A/D 转换后的 3 个 16 b 的数发送给 PC 机. 程序包括初始化部分和发送数据部分. 初始化中设置 UART0 模块工作,时钟信号为 ACLK,数据位为 8 位,波特率为 9 600 b/s,发送数据方式为主动发送. 下面给出了串口初始化和发送数据的程序.

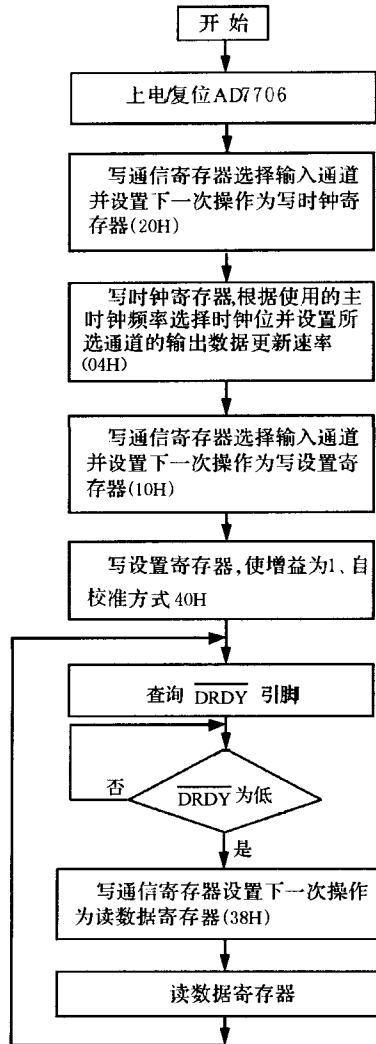


图 3 A/D 转换流程图

```

void InitUART0(void)
{
    UCTL0|=SWRST;
    UCTL0|=CHAR;           /数据位为 8 b
    UTCTL0|=SSEL0;        /UCLK=ACLK
    UBR00=0x03;           /波特率为 9 600 b/s
    UBR10=0x00;
    UMCTL0=0x4A;
    ME1|=UTXE0+URXE0;    /使能 UART0 的 TXD 和
                          RXD
    P3SEL|=0x30;          /P3. 4=UTXD0, P3. 5=
                          URXD0
    P3DIR|=0x10;          /P3. 4 为输出
    UCTL0&=~SWRST;       /UART0 模块被允许
}

void UART0(void)
{
    for(i=0; i<6; i++)
    {
        TXBUF0=dataK[i];    /发送 3 个 16 b 的数
    }
}
    
```

```

while(( UTCTL0 & 0x01)==0);
}
}
    
```

2.2.2 PC 机串口通信软件 在 Microsoft Windows 下开发串行通信目前通常有以下几种方法: (1) 利用 Windows API 通信函数; (2) 利用 Windows 的读写端口函数\_inp, \_inpw, \_inpd, \_outp, \_outpw, \_outpd(Windows 95 系列下)或开发驱动程序(Windows NT 系列操作系统下)直接对串口进行操作; (3) 利用第三方提供或自己编写的通信类; (4) 使用串口通信组件, 如 Active 控件 MSComm. 在这 4 种方法中, 第 4 种方法较简单. 本文应用 Visual Basic 6. 0<sup>[3]</sup>, 使用 MSComm 控件来实现串行通信功能.

MSComm 控件以事件驱动方式处理通信数据. 通常情况下, 在事件发生时, 可以利用 MSComm 控件的 OnComm 事件捕获并处理这些通信事件. 在程序的每个关键功能之后, 可以通过检查 CommEvent 属性的值来查询事件和错误. 当设置 CommEvent 为 comEvReceive, 并且接收的字符数为设定的 Rthreshold 的值时, 就会驱动 OnComm 事件, 从而接收数据<sup>[4]</sup>.

图 4 为 PC 机数据通信界面. 本软件可以接收单片机传来的数据, 把它们显示在文本框中, 存储在文件中, 并绘制成曲线; PC 机还可以向单片机发送控制命令, 如设置、修改采样参数等. 下面给出了设置串口和接收数据的程序.

```

Private Sub command1() /设置串口
    MSComm1.CommPort=1
    MSComm1.Settings="9600,n,8,1"
    MSComm1.InBufferCount=0 /清除接收缓冲区数据
    MSComm1.RThreshold=1 /接收 1 B 就产生 On-
                          Comm 事件
    MSComm1.InputLen=6 /接收缓冲区长度为 6 B
End Sub

Private Sub MSComm1_OnComm() /接收数据
    Dim b() As Byte
    Dim data(0 To 2) As Double
    If MSComm1.CommEvent=comEvReceive Then
        MSComm1.InputMode=comInputModeBinary
        /数据通过 Input 属性以二进制的形式取回
        b=MSComm1.Input
        For i=0 To 4 Step 2
            data(i/2)=((b(i)/32768*256+b(i+1)/
            32768-1))*2.5
            Text2.Text=Text2.Text+Str$(data(i/2))+ " "
        Next i
    End If
End Sub
    
```

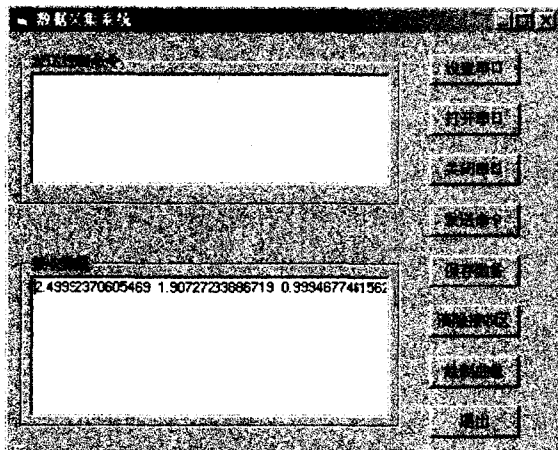


图4 PC机数据通信界面

### 3 结束语

本文应用MSP430系列单片机具有超低功耗、丰富的片内外设资源以及AD7706具有低功耗、高精度A/D转换等特点,设计了多通道数据采集系统,编制了A/D转换<sup>[5]</sup>以及MSP430与

PC机之间的串行通信软件,使采集数据能在PC机上显示、存储、绘制曲线,同时PC机能对单片机发送控制命令.实践证明,该系统实施简单,数据采集精度高,运行可靠.

#### 参考文献

- [1] 魏小龙. MSP430系列单片机接口技术及系统设计实例[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2002.
- [2] 秦龙. MSP430单片机C语言应用程序设计实例精讲[M]. 北京:电子工业出版社, 2006.
- [3] 高春艳,刘彬彬,王斌. Visual Basic开发技术大全[M]. 北京:人民邮电出版社, 2007.
- [4] 李文杰,于有生,杨荣伟. 弧焊过程中PCL-818L数据采集卡的开发应用[J]. 武汉理工大学学报:交通科学与工程版, 2004, 28(3): 450-452.
- [5] 敖振浪,李源鸿,谭鉴荣. 十六位模数转换器AD7705及其应用[J]. 成都信息工程学院学报, 2003, 18(3): 281-285.

## A Multi-channel Signal Acquisition System Based on MSP430 Single Chip Computer

Ma Yufeng<sup>1)</sup> Gong Shenguang<sup>2)</sup>

(Environmental Protection Bureau of HuBei Province, Wuhan 430072)<sup>1)</sup>

(Department of Weapon Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan 430033)<sup>2)</sup>

#### Abstract

In order to detect little analog signals, AD7706 characteristics of lower power and high ADC conversion resolution are considered and a multi-channel signal acquisition system is designed using MSP430F149 as controller. The ADC conversion and serial communication between MSP430F149 with PC are programmed. The functions are implemented that the acquired data can be stored, displayed, plotted the curve and command can be sent by PC at the same time. The system can run reliably in practice.

**Key words:** data acquisition; MSP430F149; AD7706; serial communication