

# 数字传感器 MPXY8020A 与 MSP430 的接口设计

■ 深圳电器公司 郑启忠  
■ 武汉理工大学 朱宏辉

**摘要** 介绍数字式气压和温度传感器 MPXY8020A 的片内结构、引脚功能、工作方式、接口原理和软件设计;详细讨论气压和温度数据的采样、采样值与真实值间的转换和采样值的误差处理,并给出该传感器与单片机 MSP430F1232 的接口原理图和部分 C 程序代码。

**关键词** MPXY8020A 压力 温度 传感器 MSP430F1232

## 1 概述

MPXY8020A 是摩托罗拉公司于 2003 年推出的汽车轮胎气压监测传感器。其内部集成了气压传感器、温度传感器和数字接口电路,8 引脚 SSOP 封装;能承受的最大气压为 1 400 MPa。MPXY8020A 的功耗比较低,特别适用于轮胎气压和温度监测系统,能和摩托罗拉的无线遥控开锁系统集成在一起,组成低成本、高集成度的系统。此外,MPXY8020A 还可应用于其他气压和温度监测系统中。

## 2 片内结构

MPXY8020A 的功能结构如图 1 所示。气压信号的采样由电容式传感器完成,温度信号的采样由薄膜电阻完成,此外,片内集成了数字接口电路。整个传感器采用硅 CMOS 工艺加工而成<sup>[1]</sup>。

气压信号的采样分两步完成:首先是把采样电容上的信号转换为电压信号,然后用开关式电容放大器对信号进行放大,以提高采样的准确度。电容放大器带有温度补偿电路,采样偏移量可调,并且可以通过在 EEPROM 寄存器中写入校正值进行采样信号的校正。气压信号值的大小通过电压比较器确定。在气压转换前,外部微控制器通过 MPXY8020A 的数字接口输入 8 位极限值。片内 8 位 DAC(数模转换器)将该值转换成相应的模拟电

压,电压比较器把采样的电压值与该值进行比较,在 OUT 引脚输出比较后的结果。当采样值高于输入值时,OUT 引脚为高电平;反之,为低电平。温度信号的采样由带有正温度系数的薄膜电阻完成。由图 1 可见,通过 2 路开关,可选择传感器工作于气压采样状态或温度采样状态。温度信号的采样过程与气压信号的采样过程相似。

在 MPXY8020A 片内,集成了 1 个低频率、低功率的 5.4 kHz 晶体振荡器,1 个 14 级的分频器。通过 14 级分频,可在 OUT 引脚得到周期性(一般 3 s)的输出信号。该

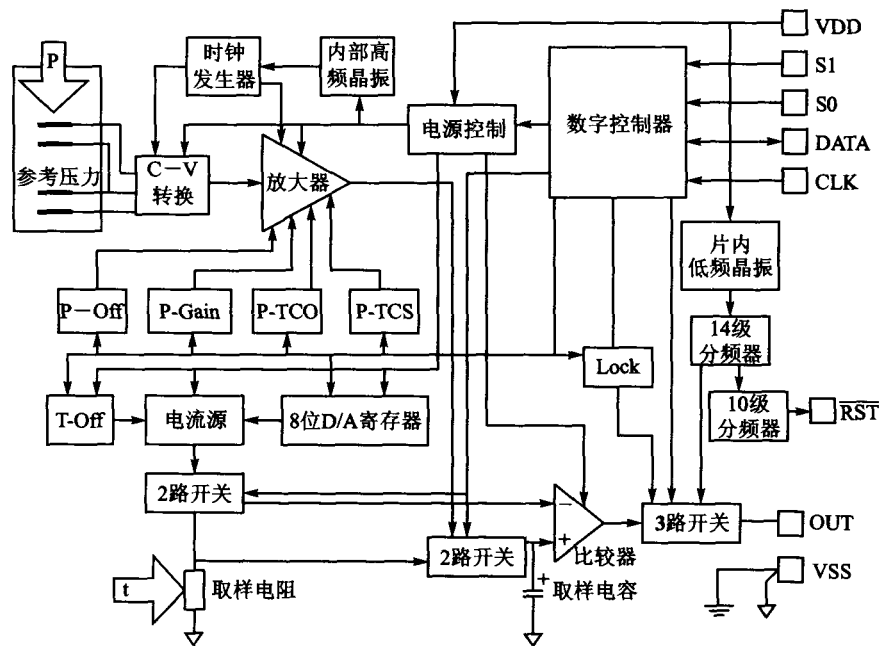


图 1 MPXY8020A 功能结构

信号还可以用作微控制器的中断源。此外,MPXY8020A片内还集成了1个10级的分频器,通过该分频器,传感器可每隔52 min使外部微控制器复位1次,以防程序长时间跑飞。为了节能,可通过MPXY8020A的引脚,控制其工作于不同的工作状态。

### 3 引脚功能及工作方式

#### 3.1 引脚功能

MPXY8020A的各个引脚如表1所列。MPXY8020A的片内电路通过引脚VDD(正电平)和引脚VSS(地)供电。在VDD与VSS之间,通常接1个0.1 μF的电容进行电源滤波。OUT引脚在采样值高于电压比较器的极限值时,输出1;反之输出0。电压比较器的极限值由外部微控制器通过数字接口输入到MPXY8020A片内的8位DAC寄存器。当MPXY8020A工作于空闲状态时,OUT引脚被置高,直到14级分频器发生溢出时,该引脚输出一个负脉冲。 $\overline{\text{RST}}$ 引脚通常被置为高电平;当10级分频器发生溢出时,被置为低电平。这个引脚通常用于使外部微控制器复位。10级分频器的溢出周期为52 min,这跟MPXY8020A的工作状态无关。S0和S1引脚一起,用于工作方式选择。在设置电压比较器的极限值时,DATA引脚为串行数据输入引脚。CLK引脚用于提供串行读写数据的时钟。向MPXY8020A写数据时,在CLK引脚信号的上升沿,串行数据从DATA引脚按时序送到片内移位寄存器,在CLK引脚信号的第8个下降沿,数据被送到片内D/A寄存器。S0、S1、DATA和CLK四个引脚都内置了施密特触发器,以提高芯片的抗干扰性,并且这四个引脚都内置了下拉电阻,所以当它们被悬空时,都为低电平。

表1 引脚功能

引脚号	名称	功能	方向
1	S1	方式选择	输入
2	VDD	电源正极	电源
3	VSS	电源地	电源
4	OUT	比较器或唤醒输出	输出
5	$\overline{\text{RST}}$	MCU复位	输出
6	DATA	数据	输入
7	CLK	数据时钟	输入
8	S0	方式选择	输入

#### 3.2 工作方式

MPXY8020A有4种工作方式,其工作于哪种工作方式由S1和S0引脚的电平来决定,如表2所列。只要VDD引脚有足够的供电电压,不管MPXY8020A工作于何种工作方式,其内部的多路开关、D/A寄存器、低频振荡器

表2 工作方式选择

S1	S0	工作方式
0	0	空闲/复位
0	1	压力测量
1	0	温度测量
1	1	数据输出

和输出脉冲分频器都处于激活状态。

需要注意的是,无论MPXY8020A工作于气压采样方式还是温度采样方式,所有的EEPROM位都处于激活状态。如果为了节能而把VDD引脚置为低电平,有必要把所有引脚的电平都置为低电平,以免MPXY8020A被误激活。

### 4 MPXY8020A与MSP430F1232的接口

#### 4.1 接口电路

MPXY8020A传感器和MSP430F1232的接口电路如图2所示。其中的串行通信SPI是靠CLK和DATA引脚实现的。传感器在CLK引脚信号的上升沿读取DATA的1位数据,连续8位为1个周期。对于不具备SPI接口的微控制器,可以通过I/O口软件仿真的方式实现通信。本系统中,通过MSP430F1232的I/O口软件仿真SPI,实现采样极限值的设置。

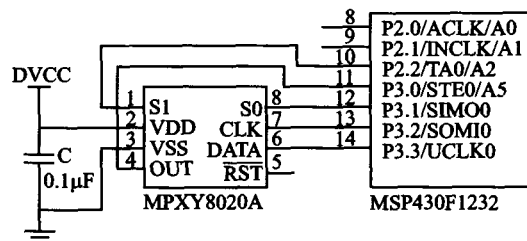


图2 MPXY8020A与MSP430F1232的接口

#### 4.2 软件设计

##### 4.2.1 给MPXY8020A发送1字节数据

在给MPXY8020A设置气压和温度采样极限值时,极限值以字节为单位发送给MPXY8020A。我们编写了一个向MPXY8020A发送1字节数据的函数,方便于系统中重复调用,该函数的代码如下<sup>[2]</sup>:

```
void MPXY8020A_sendByte(uchar MPXY8020A_data) {
    uchar i;
    P3DIR |= mpxy8020_clk + mpxy8020_dat;
    //CLK和DAT引脚为输出
    Delay650us();
    P3OUT &= ~mpxy8020_clk; //CLK引脚清0
    for(i=0; i<8; i++) {
        if((MPXY8020A_data & BIT7) == BIT7) {
            //高位在前
            P3OUT |= mpxy8020_dat; //OUT引脚置1
        }
        else {
            P3OUT &= ~mpxy8020_dat; //OUT引脚清0
        }
    }
    P3OUT |= mpxy8020_clk; //CLK引脚置1
}
```

```

Delay20us(1);
P3OUT &= ~mpxy8020_clk;    //CLK 引脚清 0
Delay20us(1);
MPXY8020A_data = MPXY8020A_data << 1;
                        //左移 1 位
}
}

```

## 4.2.2 温度和气压数据的读取

获取 MPXY8020A 传感器气压和温度数据的方法有逐次逼近法和报警值检查法。逐次逼近法能够获得 8 位精度的转换结果,但需要较长的转换时间和消耗较多的电能。报警值检查法是预先设置一个气压或温度的报警值,然后监测 OUT 引脚的电平来确定气压和温度值是否超过报警值。这是一种低功耗模式,在不需要知道准确的气压/温度值时,可采用这种工作方式。本系统中采用的是逐次逼近法。

MPXY8020A 传感器利用外部的 MSP430F1232 作为逐次逼近程序的控制, MSP430F1232 将猜测的极限值通过 SPI 接口串行地发送到传感器的 DAR(数/模转换寄存器)。器件内 DAR 将此猜测值变为模拟值,并与待测的气压值比较,通过 OUT 引脚给出比较后的结果。每次比较需用 64 个时钟周期。例如:第 1 次猜测值为 0x80,如果检测 OUT 脚为高电平,则说明气压值大于 0x80, MSP430F1232 通过 SPI 再送入 0xC0,检测 OUT 引脚的状态,如果这次 OUT 引脚是低电平,说明气压在 0x80 和 0xC0 之间,重复这样的过程,直到逼近近似值。整个过程类似对分搜索,首先,取全量程值的一半作为第 1 个猜测值,并送入数/模转换寄存器,然后监测传感器 OUT 引脚的输出状态。若 OUT 引脚的输出为“低”,说明猜测值太大或者和取样值接近;若 OUT 引脚的输出保持“高”,则说明猜测值太小。转换结果寄存器作为一个变量由 MSP430F135 实时修改。如果猜测值太小,结果寄存器的最低位置“1”;如果猜测值太大,结果寄存器的最低位置“0”,使用新的猜测值继续逼近,直到得到最终结果。

用逐次逼近的方法读取 MPXY8020A 温度数据的程序代码如下:

```

void MPXY8020A_temperature_sample(void) {
    uchar MPXY8020A_temp = 0;
    P3DIR &= ~mpxy8020_out;    //INPUT
    MPXY8020A_temp |= BIT7; //初始值为 128,即位 7=1

    MPXY8020A_standby_state();    //待机模式
    MPXY8020A_sendByte(MPXY8020A_temp);
                                //发送极限值
    MPXY8020A_temperature_state(); //测量温度模式
}

```

```

MPXY8020A_output_state();    //读数据模式
if((P3IN & mpxy8020_out) == mpxy8020_out) {
                                //比较 OUT 引脚是否为 1
    MPXY8020A_temp |= BIT6;    //位 6=1
}
else {
    MPXY8020A_temp &= ~BIT7; //位 7=0
    MPXY8020A_temp |= BIT6;    //位 6=1
}
; //省略部分为从位 6 到 1 的重复逼近的程序,其 C
//代码与位 7 的相似
MPXY8020A_standby_state();    //待机模式
MPXY8020A_sendByte(MPXY8020A_temp);
                                //发送极限值
MPXY8020A_temperature_state(); //测量温度模式
MPXY8020A_output_state();    //读数据模式
if((P3IN & mpxy8020_out) == mpxy8020_out)
                                //比较 OUT 引脚是否为 1
{}
else {
    MPXY8020A_temp &= ~BIT0; //位 0=0
}
temperature = MPXY8020A_temp;
                                //用全局变量储存采样值
}

```

读取 MPXY8020A 气压数据的函数代码与读取温度的函数相似。限于篇幅,本文不再细述。

## 4.2.3 温度和气压数据的转换

### (1) 温度数据的转换

根据表 3,可以把温度采样值转换为实际温度值。实际温度值的单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。众所周知,单片机对浮点数的处理能力不强,因此,为了便于单片机进行运算和保留更高的准确度,对转换后的实际温度值放大了 100 倍。例如,1501 对应于  $15.01^{\circ}\text{C}$ 。

表 3 温度采样值与实际温度对应关系

测量温度值/ $^{\circ}\text{C}$ ( $+2.1\text{V} < V_{\text{DD}} < 3.6\text{V}$ )	最小采样值	典型采样值	最大采样值
-40	36	42	49
-20	52	57	64
25	97	102	107
70	154	163	172
100	203	214	225
120	240	252	255
125	249	255	255

当采样温度值小于  $-40^{\circ}\text{C}$  对应的值时,按  $0.8^{\circ}\text{C}/\text{位}$  的变化率进行计算。温度采样值小于  $25^{\circ}\text{C}$  对应的采样值时,以上限为基准进行计算,因为其上限出现的机率更大,



这样得出的结果误差会小些;当采样温度值大于 25℃ 对应的采样值时,以下限为基准进行计算,因为下限出现的机率更大。比如,采样值介于 25℃ 对应的采样值和 70℃ 对应的采样值之间,则以 25℃ 为基准。

## (2) 气压数据的转换

MPXY8020A 测量的气压范围约为 0~600 kPa,测得的值与气压之间的转换关系由下式给出:

$$P = 2.5 \times \text{Output} \pm \text{气压误差}$$

式中,Output 为测量得到的值(在 0~255 之间),气压误差由 MPXY8020A 的数据手册给出(将在下一节中讨论);P 为转换后的气压值,单位为 kPa。

## 4.2.4 气压数据的误差处理

MPXY8020A 所测得的气压是存在误差的,并且在不同的温度区间、不同的工作电压、不同的气压的情况下,其误差也不一样。MPXY8020A 的气压误差由其数据手册给出,表 4 列出其在 250 kPa~450 kPa 气压区间的误差值。

表 4 250 kPa~450 kPa 气压下的误差

$V_{DD}/V$ $t/t/^\circ\text{C}$	2.1	2.5	2.7	3.0	3.3	3.6
-40	40.0	40.0	25.0	25.0	25.0	30.0
-20	32.5	25.0	15.0	15.0	15.0	20.0
0	30.0	25.0	30.0	10.0	10.0	15.0
25	30.0	25.0	7.5	7.5	7.5	15.0
70	35.0	25.0	10.0	7.5	7.5	15.0
100	40.0	40.0	25.0	25.0	25.0	30.0
125	62.5	60.0	35.0	35.0	35.0	35.0

由表 4 可以看出,阴影部分的误差较小。当电压低于 2.5 V 或者温度过低或者温度过高的情况下,所测得的误差比较大。为了减小测量误差,MPXY8020A 应工作于 2.5~3.3 V 的电压区间。

由于各个传感器的误差不尽相同,因此,可以通过实际测量得出其具体的气压误差,然后再在程序中加入或者减去这个误差值,这样所得出的气压值就更加接近真实值。此外,也可以通过分段多次测量的方法,得到更好的测量结果。

## 结论

MPXY8020A 为数字式气压和温度传感器,体积小、接口简单、工作稳定可靠、功耗小,适用于对体积要求比较高的气压和温度测量系统,尤其适用于无线汽车轮胎气压监测系统。本设计已应用于某无线汽车轮胎气压监测系统中,经实践证明使用效果良好。■

## 参考文献

- 1 Motorola Inc. Tire Pressure Monitoring Sensor Temperature Compensated and Calibrated, Full Integrated, Digital Output, 2003
- 2 胡大可. MSP430 系列单片机 C 语言程序设计与开发. 北京:北京航空航天大学出版社, 2001

郑志忠:硕士,主要研究方向为射频通信和嵌入式系统开发应用。  
朱实辉:博士,研究生导师,主要研究方向为机电一体化系统技术、嵌入式系统应用。

(收稿日期:2005-09-01)

```

unsigned int ce0_ctrl=GET_REG(EMIF_CE0_CTRL);
unsigned int ce1_ctrl=GET_REG(EMIF_CE1_CTRL);
unsigned int ce2_ctrl=GET_REG(EMIF_CE2_CTRL);
unsigned int ce3_ctrl=GET_REG(EMIF_CE3_CTRL);
unsigned int sdram_ctrl=GET_REG(EMIF_SDRAM_CTRL);
unsigned int sdram_ref=GET_REG(EMIF_SDRAM_REF);
/* EMIF 全局控制寄存器一使能 SDCLK */
SET_BIT(&g_ctrl,SDCEN);
/* 设置 CE2 为 SDRAM 空间 */
LOAD_FIELD(&ce2_ctrl, MTYPE_32SDRAM, MTYPE,
MYPE_SZ);
/* 设置 SDRAM 控制寄存器 */
LOAD_FIELD(&sdram_ctrl, 6, TRC, TRC_SZ);
LOAD_FIELD(&sdram_ctrl, 1, TRP, TRP_SZ);
LOAD_FIELD(&sdram_ctrl, 1, TRCD, TRCD_SZ);
SET_BIT(&sdrmm_ctrl, SDWID);
SET_BIT(&sdram_ctrl, INIT);
SET_BIT(&sdram_ctrl, RFEN);
/* 设置 SDRAM 的刷新周期 */

```

```

LOAD_FIELD(&sdram_ref, 0x61A, PERIOD, PERIOD_SZ);
/* 重置 EMIF 控制寄存器 */
emif_init(g_ctrl, ce0_ctrl, ce1_ctrl, ce2_ctrl, ce3_ctrl,
sdram_ctrl, sdram_ref);
: /* 其他用户程序 */

```

## 结语

以上介绍了 TMS320C6201 DSP 芯片与 SDRAM (IS42S16400) 的具体硬件接口实现。由于 SDRAM 具有的大容量、高速度和低价格的优势,使用 SDRAM 构建嵌入式应用海量存储系统会成为一种行之有效的办法。目前该系统已调试完毕。使用 SDRAM 作为 DSP 系统外接高速、大容量主存储器具有非常明显的优势,充分显示了 SDRAM 在嵌入式系统中的良好应用前景。■

## 参考文献

- 1 李方慧,王飞,何佩琨. TMS320C6000 系列 DSPs 原理与应用. 第 2 版. 北京:电子工业出版社, 2003
- 2 Texas Instruments Inc. TMS320C6000 Peripherals Reference Guide, 2001-03

(收稿日期:2005-09-01)