

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.09.025

## 基于 MS5534C 的数字气压计设计

田海燕<sup>1</sup>, 赖春强<sup>1</sup>, 贺思桥<sup>2</sup>

(1. 中国兵器工业第五八研究所智能检测事业部, 四川 绵阳 621000;

2. 中国兵器工业第五八研究所科研处, 四川 绵阳 621000)

**摘要:** 采用 Intersema 公司基于 MEMS 的数字压力传感器 MS5534C, 利用海拔高度与气压和温度的关系, 设计并制作了一个数字气压计。利用单片机 P89LPC936 的 I/O 口控制, 实现了 P89LPC936 从数字压力测量模块 MS5534C 读取气压数据, 并通过软件计算处理转换为当前海拔高度的功能, 且在 LED 显示屏上实时显示海拔高度。设计的数字气压计样机具有质量小、功耗低、精度高等优点, 经过在多个地段进行试验, 在标准大气压环境中其相对高度测量的平均标准偏差为 3 m。

**关键词:** MS5534C; P89LPC936; 海拔; 气压

**中图分类号:** TJ02 **文献标志码:** A

## Design of Digital Barometer System Based on MS5534C

Tian Haiyan<sup>1</sup>, Lai Chunqiang<sup>1</sup>, He Siqiao<sup>2</sup>

(1. Dept. of Intelligent Detection, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Miangyang 621000, China;

2. Management Office of Scientific Research, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Miangyang 621000, China)

**Abstract:** According to the relationship among pressure, temperature and altitude, a digital barometer with MS5534C digital pressure sensor based on MEMS of Intersema company was designed. Use I/O control of single chip P89LPC936 to realize P89LPC936 to receive air pressure data from digital pressure measuring module MS5534C, transfer data to current altimeter by software processing, and display altimeter on LED displayer in real time. The barometer prototype has advantages of light weight, low power cost, high precision. The barometer was tested in the standard atmospheric condition, which has a relative altitude average standard deviation of 3 m.

**Key words:** MS5534C; P89LPC936; altitude; air pressure

### 0 引言

在传统的气压测量领域, 主要采用水银气压计和无液气压计进行测量。随着数字化和微电子制造技术的发展, 电路集成化程度高、可靠性强、功耗低的数字气压计具有读数更直观, 测量更准确的特点, 通过既定的算法便可轻松换算出所对应的精确海拔高度, 因而逐渐取代了传统的气压计。

数字气压计主要依靠数字气压传感器实现。以 HEMS 技术制造的绝对压力数字气压传感器即是把 A/D 转换器和温度补偿电路集成到了一块 IC 上。并且, 通过接口总线, MCU 可以直接读取气压数据。这种传感器有集成度高, 使用方便等优点。

MS5534C 就是基于 MEMS 的绝对压力数字气压传感器的典型代表。因此, 笔者详细介绍了基于 MS5534C 传感器设计的数字气压计的实现。

### 1 MS5534C 概述

MS5534C 是瑞士 Intersema 公司推出的一款集成有压阻式压力传感器和 ADC 接口的 SMD 混合集成电路, 其采用先进的 ADC 模数转换 IC 电路, 可

提供 16 位的压力和温度数字输出。

该传感器压力测量范围 1~110 kPa, 分辨率为 10 Pa。另外, 传感器有 6 个软件校准系数, 压力绝对精度为  $\pm 150$  Pa, 相对精度为  $\pm 50$  Pa, 并且不需再接其他外围模块, 接口简单, 电路连接方便。该模块尺寸很小, 平面尺寸为 9 mm×9 mm, 厚度仅为 3.7 mm, 可以在 -40~125 °C 环境中应用。

MS5534C 引脚功能如图 1 所示。在使用中需注意, 传感器应储存和工作在干燥的非腐蚀性气体中, 其已通过 ISO2281 认证, 可经受 1 100 kPa 的咸水压力或 100 m 水压。传感器的性能特征<sup>[1]</sup>具体如下:

1) 压力范围 30~110 kPa; 2) 15 位 ADC; 3) 芯片存储 6 参数用于软件补偿; 4) 3 线串行接口; 5) 32 768 Hz 系统时钟; 6) 供电电压 2.2~3.6 V。

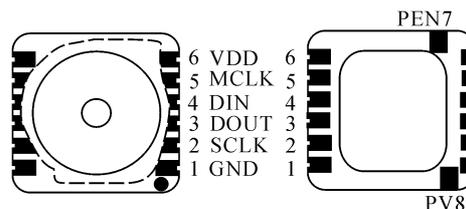


图 1 MS5534C 引脚图

收稿日期: 2012-05-01; 修回日期: 2012-07-02

作者简介: 田海燕(1982—), 女, 重庆人, 从事嵌入式软件系统开发。

## 2 数字气压计详细设计

### 2.1 单片机的选择

P89LPC936 是 PHILIP 公司生产的一款单片封装的微控制器, 操作电压范围为 2.4~3.6 V。I/O 口可承受 5 V(可上拉或驱动到 5.5 V)电压。有一个增强型 UART, 具有波特率发生器、间隔检测、帧错误检测、自动地址检测等功能, 还具有 400 kHz 字节宽度的 I2C 总线通信端口和 8 位寄存器的 SPI 通信端口。因此, 笔者选择此单片机为数字气压计的控制芯片。

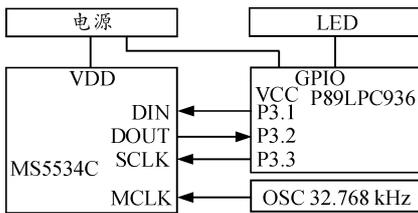


图 2 数字气压计控制部分电路图

### 2.2 控制部分硬件设计

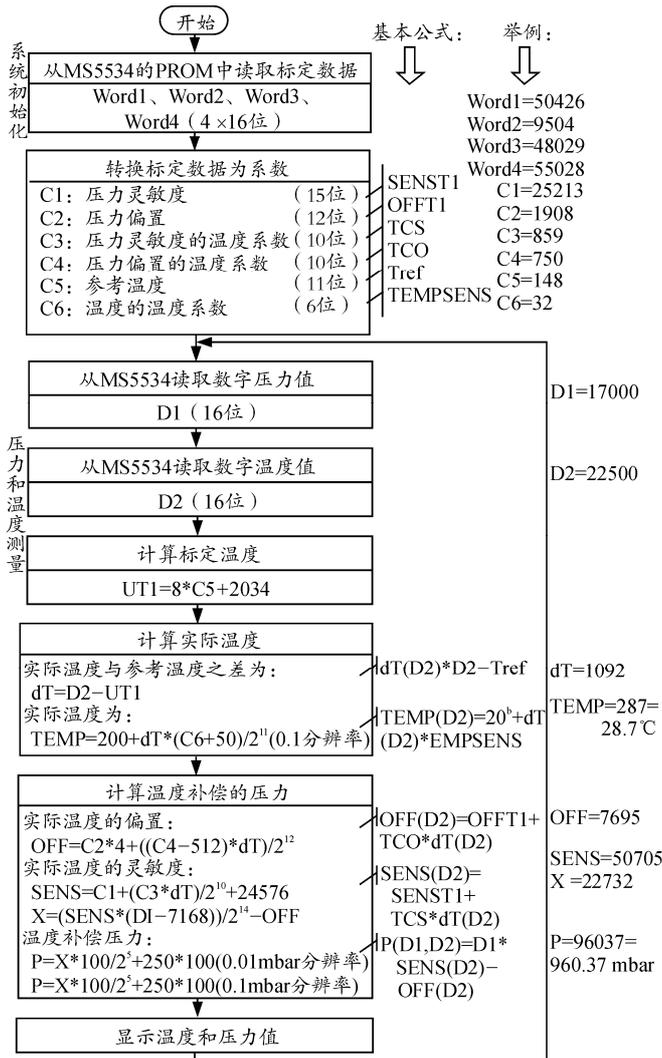


图 3 软件算法及补偿方式

P89LPC936 用软件模拟三线 SPI 口, 实现 P89LPC936 与 MS5534C 通信, 根据 MS5534C 的通信协议发送相应的指令, 获得气压、温度以及校准系数值。串行时钟信号 SCL 由 P89LPC936 产生, SCLK 提供串行数据传输所需时钟。主时钟 MCLK 由外部晶振产生, MCLK 给 MS5534C 内部逻辑电路提供主频为 32.768 kHz 的时钟<sup>[2]</sup>。DOOUT、DIN 分别是数字输出、输入引脚, P89LPC936 利用此两 I/O 口读得 MS5534C 的数据, 通过软件进行温度补偿和压力高度转换运算得到实际高度值。数字气压计控制部分的电路图如图 2<sup>[3]</sup>。

### 2.3 关键软件模块设计

软件设计时, 首先通过串口读出 Word1~Word4, 当 P89LPC936 对 MS5534C 的接口复位后, 可以进行一次这种操作。其次, 采用位方式进行逻辑和移位操作来提取 C1~C6 的补偿参数。为了测量压力, P89LPC936 必须通过串口循环来读取 16 位压力 (D1) 和温度 (D2) 值, 然后按图 3 所示的算法, 用 D1、D2 和 C1~C6 计算出补偿后的压力。这样, 可精确得出当前气压值。

根据图 3 所示算法, 关键软件模块程序如下:

```

////**** 计算子程序 **** ////
void spi_proc(void)
{
    unsigned int xdata c1,c2,c3,c4,c5,c6;
    long xdata utmp;
    float xdata dt,temp,off,sens,x,p;
    float xdata temp2,p2;
    c1=(w1 >> 1) & 0x7FFF;
    c2=((w3 << 6) & 0x0FC0)+(w4 & 0x003F);
    c3=((w4 >> 6) & 0x03FF);
    c4=((w3 >> 6) & 0x03FF);
    c5=((w1 << 10)& 0x0400)
    +((w2>>6)&0x03FF);
    c6=(w2 & 0x003F);
    utmp=8*c5+20224;
    dt=(float)(d2-utmp);
    temp=200+dt*(c6+50)/1024;
    off=c2*4+((c4-512)*dt)/4096;
    sens=c1+(c3*dt)/1024+24576;
    x=(sens*(d1-7168))/16384-off;
    p=x*10/32+2500;
    if(temp>450)
    {
        temp2=3*(c6+24)*(450 -
            temp)*(450-temp)/1048576;
        p2=temp2*(p-10000)/8192;
    }
    else if(temp<200)
    {
        temp2=11*(c6+24)*(200-temp)*
    
```

```

    (200-temp)/1048576;
    p2=3*temp2*(p-3500)/16384;
}
else
{ temp2=0;
  p2=0;
}
temp=temp-temp2;
p=p-p2;
}

```

```

    flag=1;
    break;
}
}
if(flag!=1)
{ if(p<SPI_HT[0][0])
  { pos=0;
  }
  else if(p>SPI_HT[11][1])
  { pos=11;
  }
  else
  { pos=0;
  }
}
h=SPI_HT[pos][3]-(p-SPI_HT[pos][0])*SPI_HT[pos][2]/2048;
return h;
}

```

### 3 数字气压计在海拔高度测量上的应用

#### 3.1 折线线性拟合法将气压值转化为高度值

如表 1 所示：在不同的  $i, j$  取值范围内，大气压向高度转化时是线性的，提高了转化的时间，误差是周期性的，且在一个小的范围内。将正常的工作高度范围内分成不同的多段，会得到不同的高精度值。表 1 为  $i, j$  的一种分段列表，将 2.3 节软件计算得出的精确气压值代入表 1 相应气压区间，查表操作得出各计算参数，将各计算参数代入公式 (1) 计算出所对应的精确海拔高度<sup>[3]</sup>。

表 1 折线拟合间隔系数  $i, j$  参数表

气压范围		$i$	$j$	实际高度 $h/m$
$P_{lower}/Pa$	$P_{upper}/Pa$			
100	113	12 256	16 212	15 434
113	130	10 758	15 434	14 541
130	150	9 329	14 541	13 630
150	173	8 085	13 630	12 722
173	200	7 001	12 722	11 799
200	230	6 069	11 799	10 910
230	265	5 360	10 910	9 994
265	300	4 816	9 994	9 171
300	335	4 371	9 171	8 424
335	370	4 020	8 424	7 737
370	410	3 702	7 737	7 014
410	450	3 420	7 014	6 346
450	500	3 158	6 346	5 575
500	550	2 908	5 575	4 865
550	600	2 699	4 865	4 206
600	650	2 523	4 206	3 590
650	710	2 359	3 590	2 899
710	780	2 188	2 899	2 151
780	850	2 033	2 151	1 456
850	920	1 905	1 456	805
920	970	1 802	805	365
970	1 030	1 720	365	-139
1 030	1 100	1 638	-139	-699

海拔高度计算公式如式 (1)

$$h=j_n-(P-P_{lower})\times 10\times i_n/2^{11} \quad (1)$$

#### 3.2 计算海拔高度的软件设计

计算海拔高度的主要代码如下：

```

float spi_h(float p)
{
int xdata i,pos,flag = 0;
float xdata h;
for(i=0;i<12;i++)
{ if((p>=SPI_HT[i][0])&&(p<=SPI_HT[i][1]))
  { pos=i;
  }
}
}

```

将 2.3 节所计算出的气压值  $P$  代入此计算函数，则  $hight=(unsigned int)spi\_h(p)$ 。

#### 3.3 应用情况概述

笔者设计的数字气压计已经成功运用于×××防护系统的控制分系统中。控制分系统通过模块采集海拔高度，根据海拔高度自动查表映射到相应的安全防护压差阈值。该系统在西藏某军区多个海拔高度进行了试验，效果良好，能确保任何海拔高度下的安全压差阈值的可靠性，自动保护防护系统内人员的安全。

### 4 结束语

数字气压计在内陆和西藏某军区通过实际测量得到具体误差数值。以一个标准大气压的高度为基准平面，用数字气压计测量山腰不同高度到基准平面的高度，在 1 000 m 内时的误差在±3 m 以内。8 000 m 内时最大高度误差为±5 m。这说明该气压高度测量系统比常规高度计精度提高了 1 个数量级。该数字气压计可应用于不同环境下的海拔高度测量，模块小巧便于携带，程序安全可靠，可广泛运用于军、民品装备中。

#### 参考文献：

- [1] Intersema Sensoric SA. MS5534B barometer module datasheet [EB/OL]. (2008-06-16) <http://www.intersema.ch/site/technical>.
- [2] 王志刚. 基于 MS5534B 的气压高度计系统的设计[J]. 微纳电子技术, 2008(45): 351-355.
- [3] 求是科技. 单片机典型模块设计实例导航[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005: 166-170.
- [4] Using MS5534 for altimeters and barometers[EB/OL]. <http://www.intersema.ch/site/technical>.