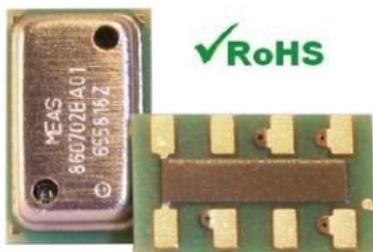


## MS8607-02BA01 PHT复合传感器



集成压力，湿度和温度传感器

QFN封装5 x 3 x 1 mm<sup>3</sup>

工作范围: 10~2000 mbar, 0%RH~100%RH, -40~85°C

高分辨率模块: 0.016 mbar, 0.04%RH, 0.01°C

供电电压: 1.5~3.6 V

工厂全校准传感器

I<sup>2</sup>C接口

### 产品描述

MS8607是最新推出的三合一数字传感器，集成了压力，湿度和温度（PHT）三种环境物理量的测量。MS8607适合需要超低功耗、高精度和小型化传感器的应用。传感器的高分辨率和线性度使之成为智能手机/平板电脑、暖通空调以及气象站等应用中环境和高度监测的理想选择。这款新传感器基于先进的MEMS技术，并受益于过去十几年来在研发和批量生产传感器模块方面的经验。

### 特点

#### 技术数据

##### 传感器性能 (V<sub>DD</sub> = 3 V)

特性	压力 [mbar]			相对湿度 [%RH]			温度 [°C]		
	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值
最大工作范围	10		2000	0		100	-40		+85
绝对精度 @25°C	300...1100mbar			20...80%RH			@ 25°C		
	-2		2	-3		3	-1		1
分辨率 (最高模式)		0.016			0.04			0.01	

#### 应用范围

智能手机和平板电脑  
暖通空调  
气象站  
打印机  
家电和加湿器

# MS8607-02BA01 PHT复合传感器

## 性能规格

### 绝对最大额定值

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
供电电压	V <sub>DD</sub>		-0.3		3.6	V
储存温度	T <sub>s</sub>		-20		85	°C
超压	P <sub>max</sub>			6		bar
最高焊接温度	T <sub>max</sub>	最长40s			250	°C
ESD等级		人体模型	-2		2	kV
门锁		JEDEC标准第78条	-100		100	mA

### 电气特性

参数	一般电气特性					
	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
工作电压	V <sub>DD</sub>		1.5	3.0	3.6	V
工作温度	T		-40	+25	+85	°C
VDD-GND电容			220	470		nF
供电电流P或T (1压力或温度转换/秒)	I <sub>PT</sub>	OSR 8192		20.09		μA
		4096		10.05		
		2048		5.02		
		1024		2.51		
		512		1.26		
		256		0.63		
供电电流H (1湿度转换/秒)	I <sub>H</sub>	OSR 8192		6.22		μA
		4096		3.11		
		2048		1.56		
		1024		0.78		
峰值供电电流 (在P或T转换期间)				1.25		mA
峰值供电电流 (在湿度转换期间)				0.45		mA
备用电源电流		@ 25°C, V <sub>DD</sub> = 3V		0.03	0.24	μA

	压力和温度			相对湿度			单位
	条件	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	
ADC输出字			24			16	bit
ADC转换时间 <sup>(3)</sup>	OSR 8192		16.44	17.2		13.82	15.89
	4096		8.22	8.61		6.98	8.03
	2048		4.13	4.32		3.55	4.08
	1024		2.08	2.17		1.84	2.12
	512		1.06	1.10		-	-
	256		0.54	0.56		-	-
加热器: 湿度传感器的功耗和温升						2 - 13 0.5 - 1.5	mW °C
低电池电量指示精度				±50 (典型)			mV

(3): 在I<sup>2</sup>C通信中最大值必须用于确定等待时间。

# MS8607-02BA01 PHT复合传感器

## 性能规格 (继续)

PHT特性(V<sub>DD</sub> = 3.0 V, T = 25°C, 除非另有说明)

		压力 [mbar]			相对湿度 [%RH]			温度 [°C]		
		最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值
工作范围		300		1200	0		100	-40		85
扩展范围 (4)		10		2000						
绝对精度@25°C		300...1100 mbar			20 ...80%RH			@25°C		
		-2		2	-3		3	-1		1
绝对精度		300...1100mbar, -20...85°C			5...95%RH			-20...85°C		
		-4		4	-5		5	-2		2
相对精度@25°C		700...1000 mbar (5)								
			±0.1 (6)							
分辨率 RMS <sup>(7)</sup>	OSR 8192		0.016			0.04			0.002	
	4096		0.021			-			0.003	
	2048		0.028			-			0.004	
	1024		0.039			0.7			0.006	
	512		0.062						0.009	
	256		0.11						0.012	
在1.5V-3.6V的供电电压下 (条件)的最大误差			±0.5			±0.25			±0.3	
(V <sub>DD</sub> = 1.5 V ... 3.6 V)										
长期稳定性			±1 /年			±0.5/年			±0.3/年	
回流焊接影响			-0.6			2				
回流焊后的恢复时间 <sup>(8)</sup>			5天			5天				
响应时间			< 5ms			5s				
(条件)		(63%信号恢复,33%RH-75%RH,3m/s气流)								

(4): ADC的线性范围

(5): 在一个压力点下自动调零

(6): 合格产品的特性值

(7): 按照顺序进行特性描述 (先P&T转换, 然后H转换)

(8): 恢复时间, 至少是回流焊影响的66%

## 数字输入 (SDA, SCL)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
串行数据时钟	SCL				400	kHz
输入高压	V <sub>IH</sub>		80% V <sub>DD</sub>		100% V <sub>DD</sub>	V
输入低压	V <sub>IL</sub>		0% V <sub>DD</sub>		20% V <sub>DD</sub>	V

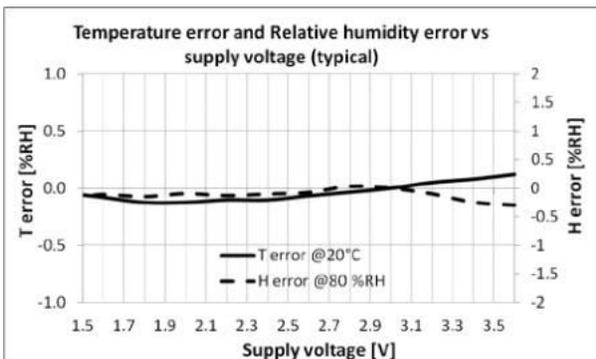
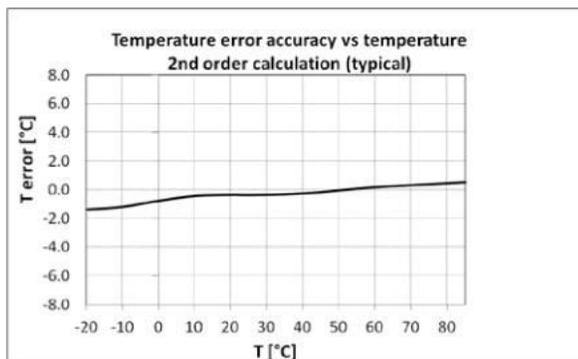
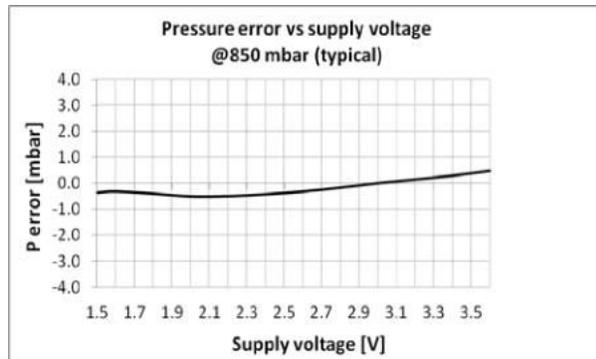
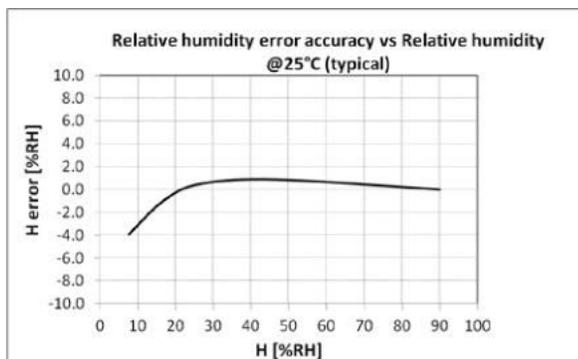
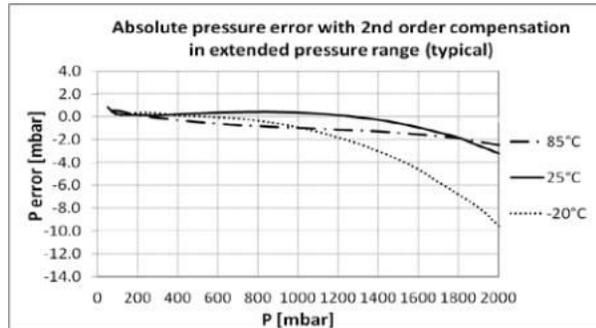
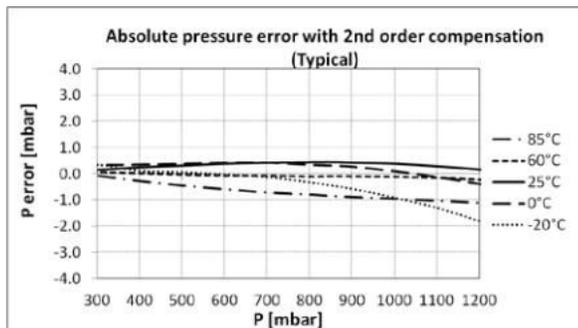
## 数字输出 (SDA)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输出高压	V <sub>OH</sub>	I <sub>源</sub> = 1 mA	80% V <sub>DD</sub>		100% V <sub>DD</sub>	V
输出低压	V <sub>OL</sub>	I <sub>沉</sub> = 1 mA	0% V <sub>DD</sub>		20% V <sub>DD</sub>	V
负载电容	C <sub>LOAD</sub>			16		pF

# MS8607-02BA01 PHT复合传感器

## 性能特性

### PHT精度和PHT误差VS供电电压 (典型)



## MS8607-02BA01 PHT复合传感器

### 功能描述

#### 一般描述

MS8607包括两个采用独特的MEMS技术制成的传感器，用于测量压力，湿度和温度。第一个是用于测量压力和温度的压阻式传感器。第二个是用于测量相对湿度的电容式湿度传感器。每个传感器都与 $\Delta\Sigma$  ADC集成电路相连，以实现数字转换。MS8607将两个模拟输出电压转换成一个针对压力和温度测量的24位数字值输出，和一个针对相对湿度测量的12位数字值输出。

#### 串行I<sup>2</sup>C接口

外部微控制器通过输入SCL (串行时钟) 和SDA (串行数据)来传输数据。两个传感器的响应都在一根双向的数据线SDA上。使用两个不同的I<sup>2</sup>C地址（一个用于压力和温度，另一个用于相对湿度，见表2。）

参考模块	模式	使用引脚
MS860702BA01	I <sup>2</sup> C	SDA, SCL

表1: 通信协议和引脚

传感器类型	I <sup>2</sup> C地址(二进制值)	I <sup>2</sup> C地址(十六进制值)
压力和温度P&T	1110110	0x76
相对湿度RH	1000000	0x40

表2: I<sup>2</sup>C地址

#### 压力和温度的命令

为了检测压力和温度，可能涉及到以下5个命令：

1. 复位
2. 读取PROM P&T (112位校准字)
3. D1转换
4. D2转换
5. 读取 ADC结果 (24位压力/温度值)

每个命名都由1个字节(8位)表示，如表3所示。执行ADC读命令之后，设备将会返回一个24位的结果，而执行PROM读命令之后，则会返回16位的结果。PROM的地址在PROM P&T读命令中的a2, a1和a0位。

## MS8607-02BA01 PHT复合传感器

位号	命令字节								十六进制值
	7	6	5	4	3	2	1	0	
位名	PROM	CONV	-	Typ	Ad2/ Os2	Ad1/ Os1	Ad0/ Os0	停止	
命令									
复位	0	0	0	1	1	1	1	0	0x1E
转换D1 (OSR=256)	0	1	0	0	0	0	0	0	0x40
转换D1 (OSR=512)	0	1	0	0	0	0	1	0	0x42
转换D1 (OSR=1024)	0	1	0	0	0	1	0	0	0x44
转换D1 (OSR=2048)	0	1	0	0	0	1	1	0	0x46
转换D1 (OSR=4096)	0	1	0	0	1	0	0	0	0x48
转换D1 (OSR=8192)	0	1	0	0	1	0	1	0	0x4A
转换D2 (OSR=256)	0	1	0	1	0	0	0	0	0x50
转换D2 (OSR=512)	0	1	0	1	0	0	1	0	0x52
转换D2 (OSR=1024)	0	1	0	1	0	1	0	0	0x54
转换D2 (OSR=2048)	0	1	0	1	0	1	1	0	0x56
转换D2 (OSR=4096)	0	1	0	1	1	0	0	0	0x58
转换D2 (OSR=8192)	0	1	0	1	1	0	1	0	0x5A
读取ADC结果	0	0	0	0	0	0	0	0	0x00
读取PROM P&T	1	0	1	0	Ad2	Ad1	Ad0	0	0xA0 to 0xAE

表3: 压力和温度检测的命令结构

### 相对湿度的命令

为了检测相对湿度，可能涉及到以下6个命令：

1. 复位
2. 写用户寄存器
3. 读用户寄存器
4. 测量RH (主机等待模式)
5. 测量RH (主机查询模式)
6. 读取PROM RH

每个I<sup>2</sup>C通信消息都以起始条件开始，然后以停止条件结束。用于湿度检测的I<sup>2</sup>C地址是1000000。PROM的地址在PROM读命令中的a2, a1和a0位。表4显示了命令及其相应的代码：

位号	8位命令								十六进制值
	7	6	5	4	3	2	1	0	
命令:									
1. 复位	1	1	1	1	1	1	1	0	0xFE
2. 写用户寄存器	1	1	1	0	0	1	1	0	0xE6
3. 读用户寄存器	1	1	1	0	0	1	1	1	0xE7
4. 测量RH (主机等待模式)	1	1	1	0	0	1	0	1	0xE5
5. 测量RH (主机查询模式r)	1	1	1	1	0	1	0	1	0xF5
6. 读取PROM RH	1	0	1	0	adr2	adr1	adr0	0	0xA0 to 0xAE

表4: 相对湿度检测的命令结构

## MS8607-02BA01 PHT复合传感器

## 用户寄存器

用户寄存器用于配置湿度传感器的几种不同的工作模式 (分辨率测量, 加热器)和监视电池状态。用户寄存器的基本配置列于下表。

用户寄存器位	位配置/编码	默认值																				
位7, 位0	测量分辨率 <table border="1"> <thead> <tr> <th>位7</th> <th>位0</th> <th>OSR</th> <th>分辨率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>4096</td> <td>最高</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2048</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1024</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>256</td> <td>最低</td> </tr> </tbody> </table>	位7	位0	OSR	分辨率	0	0	4096	最高	0	1	2048		1	0	1024		1	1	256	最低	'00'
位7	位0	OSR	分辨率																			
0	0	4096	最高																			
0	1	2048																				
1	0	1024																				
1	1	256	最低																			
位6	电池状态: '0' VDD>2.25V '1' VDD<2.25V	'0'																				
位3,4,5 位2	保留 片上加热器: '0' 加热器禁用 '1' 加热器启用	'000' '0'																				
位1	保留	'0'																				

表5: 用户寄存器描述

位7和位0配置测量分辨率 (最高分辨率 OSR 4096, 最低 OSR 256)。

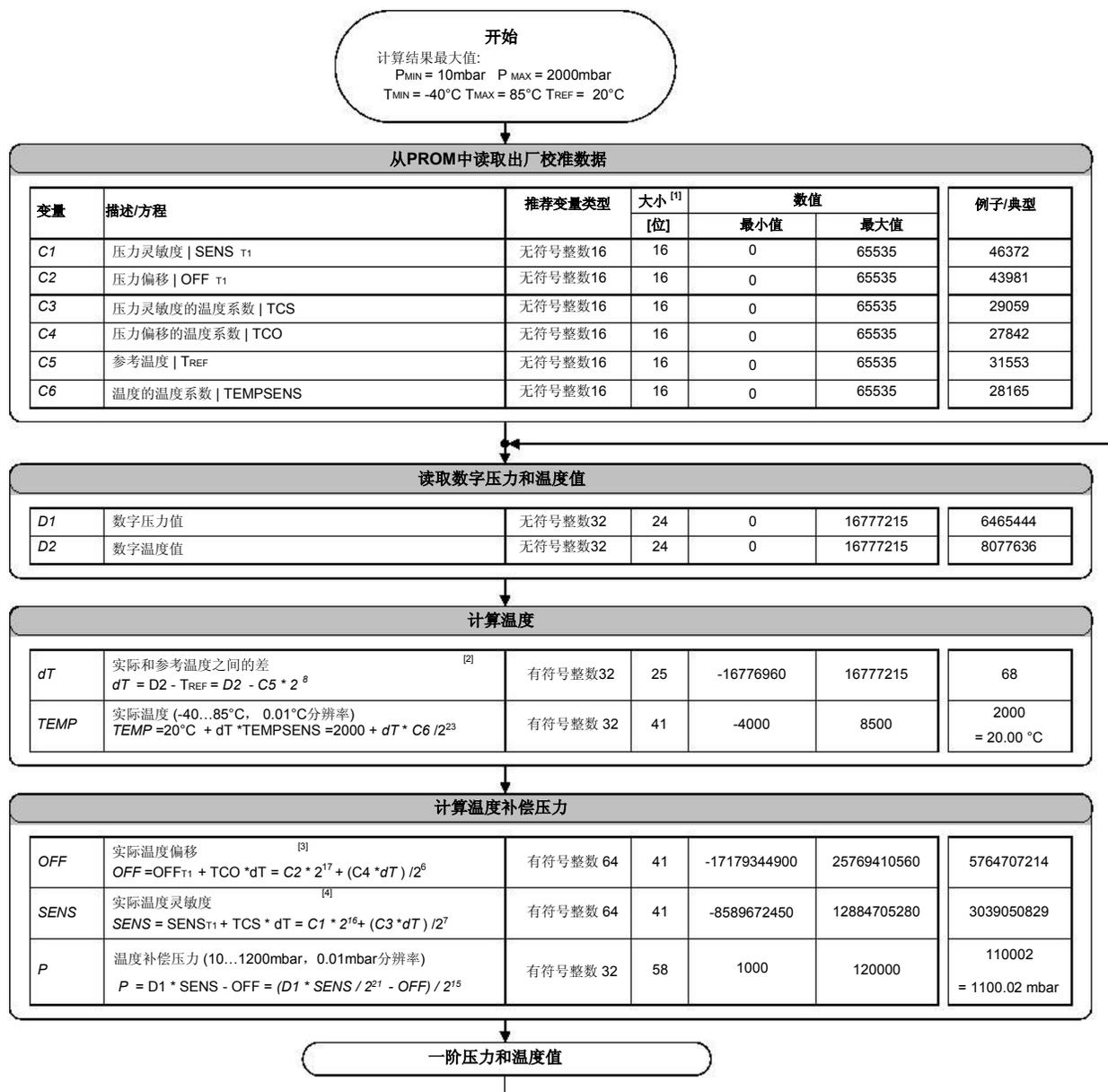
位6指的是“电池状态”，可对其进行监视。

位1,3,4,5是保留位，不能对其进行更改，各个保留位的默认值可能会随着时间而改变，而不会另行通知。因此若需写信息到用户寄存器，先要读取保留位的默认值。

位2配置加热器。可以用于功能性诊断：一旦升温，相对湿度就会下降。加热器功耗约为5.5mW，在湿度传感器内提供约0.5-1.5°C的温升。

# MS8607-02BA01 PHT复合传感器

## 压力和温度计算



注释  
 [1] 在计算变量期间最大的中间结果  
 [2] 必须定义最小值和最大值  
 [3] 必须定义最小值和最大值  
 [4] 必须定义最小值和最大值

图6: 压力和温度读数和软件补偿的流程图

## MS8607-02BA01 PHT复合传感器

### 压力补偿 (二阶温度补偿)

低温时，为了在温度范围内优化精度，建议就温度而言补偿压力非线性。利用二阶校正系数，这可以通过校正计算温度，偏移和灵敏度来实现。二阶系数计算如下：

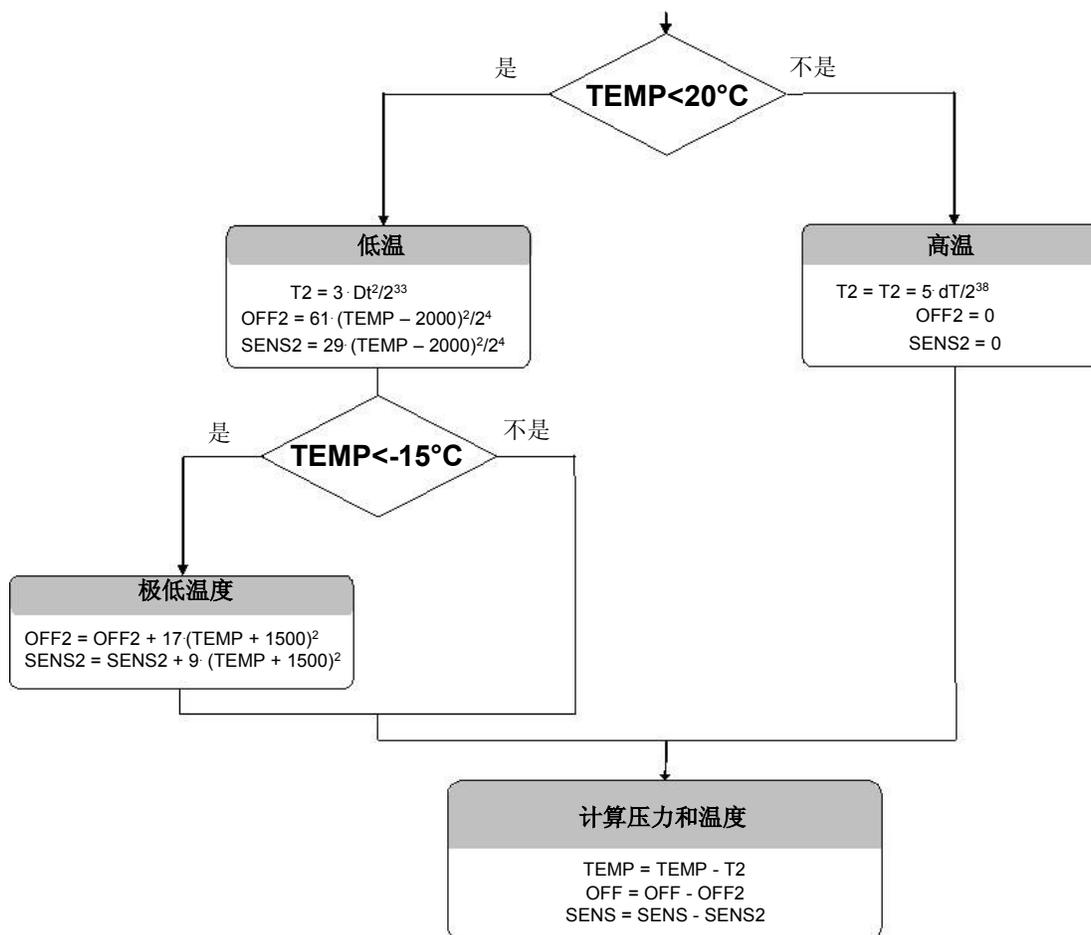


图 7: 为使压力和温度达到最佳精度的流程图

# MS8607-02BA01 PHT复合传感器

## 相对湿度计算



注释  
[1] 在计算变量期间最大的中间结果

图8: 湿度读数的流程图

为了适应制程变量 (湿度传感器标称电容值), 必须考虑到高于100%RH和低于0%RH时传感器的公差。因此:

118%RH对应0xFF, 这是ASIC可发送的最大RH数字输出。RH输出可达到118%RH, 如若高于此值, 则RH输出将会固定在这个值上。

-6%RH对应0x00, 这是ASIC可发送的最小RH数字输出。RH输出可达到-6%RH, 如若低于此值, 则RH输出将会固定在这个值上。

可使用下列公式计算相对湿度值 (结果以%RH为单位):

$$RH = \left( -6 + 125 \cdot \frac{D3}{2^{16}} \right)$$

例如, 传送的16位相对湿度数据 0x7C80: 31872对应54.8%RH。

最后, 在0~+85°C的温度范围内, 为了实现最佳精度需要计算一阶温度补偿。最终的补偿相对湿度值RH<sub>补偿</sub>计算如下:

$$RH_{补偿} = RH - 20 - TEMP \cdot T_{coeff}$$

TEMP 在第9页计算的温度  
T<sub>coeff</sub> 温度校正系数

单位[°C]  
单位 [%RH / °C]

在0~+85°C的温度范围内, 利用T<sub>coeff</sub> = -0.18可获得最佳的相对湿度精度。

## MS8607-02BA01 PHT复合传感器

### 应用电路

通过I2C协议接口，MS8607是一个可以与微控制器一起使用的电路。设计用于供电电压为3V的低压系统，并且可以用于工业压力/湿度/温度应用中。

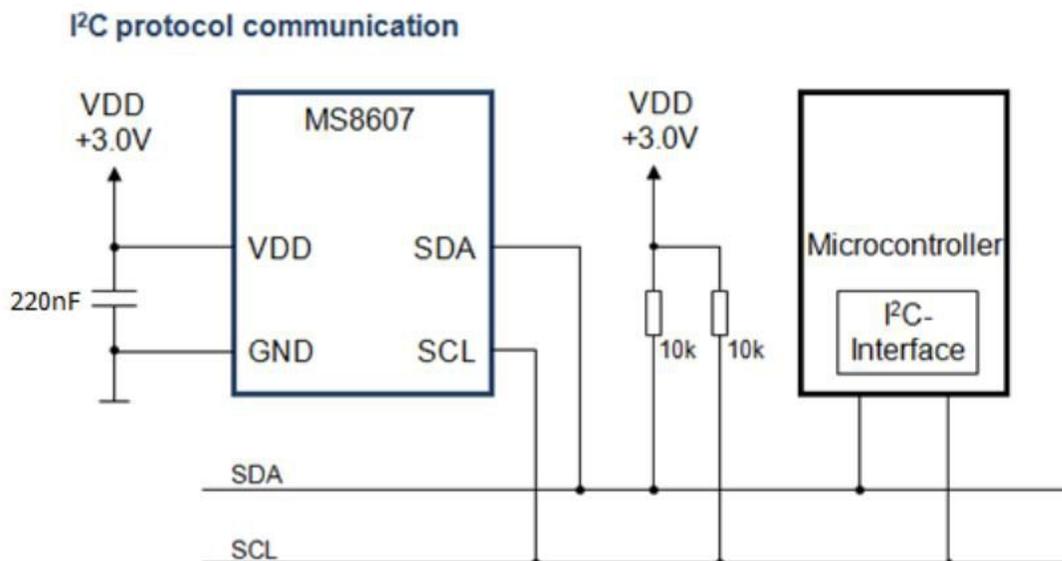


图9: 典型应用电路







## MS8607-02BA01 PHT复合传感器

### 测量RH等待/查询时序

MS8607有两种测量相对湿度 (RH)的工作模式:主机等待模式和主机查询模式。

在湿度传感器测量期间，主机查询模式允许处理总线上的其他I<sup>2</sup>C通信任务。图18和19说明了两种模式的通信时序。在主机等待模式中，进行测量时湿度传感器将SCK线拉低，以迫使主机进入等待状态。释放SCK线后，湿度传感器表明内部处理已完成，并且数据传输仍可继续。

在主机查询模式中，MCU必须查询湿度传感器内部处理的完成与否。这个通过发送一个起始条件来完成，后跟一个I<sup>2</sup>C数据头(0x81)，如下所示。如果完成内部处理，湿度传感器则发回一个应答信号，并且MCU可以读取数据。如果未完成内部处理，湿度传感器则发回一个非应答信号，并且必须重复起始条件。

在两种模式中，测量值都存储在14位数据中。剩下的两个最低有效位 (LSBs) 用于传输状态信息。Bit1必须设置为‘1’。Bit0目前未指定。

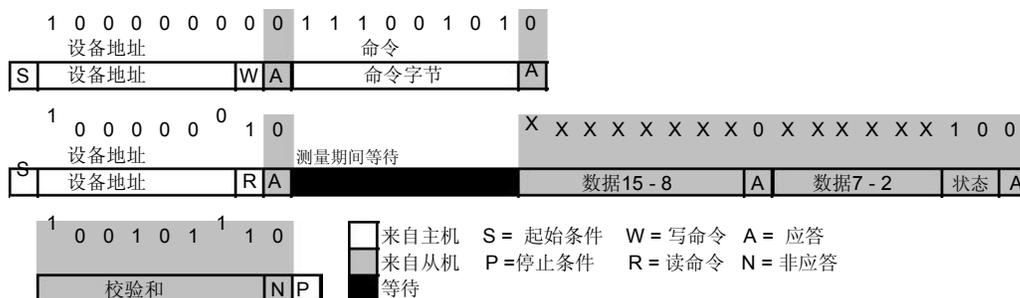


图18: I<sup>2</sup>C测量RH主机等待通信时序

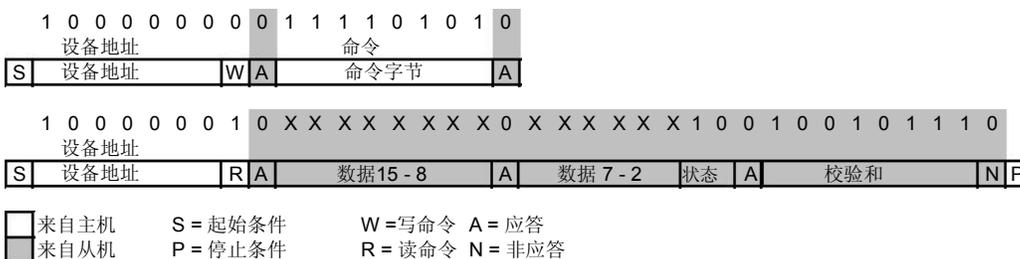


图19: I<sup>2</sup>C测量RH主机查询通信时序

对于主机等待时序，状态位后面的应答位可能变为非应答位，后跟一个停止条件，以省略校验和传输。

对于主机查询时序，如果在“读”命令之下未完成测量，传感器在位27（可能会出现更多的迭代）上并不提供ACK。如果位45变为NACK，并且后跟停止条件，则省略校验和传输。

## MS8607-02BA01 PHT复合传感器

关于计算相对湿度值，状态位必须设置为“0”。参考第10页中的“信号输出转换”部分。测量最长时间取决于测量类型以及所选的分辨率。根据MCU的通信计划选择最大值。

I<sup>2</sup>C通信允许重复的起始条件，无需利用停止条件来关闭先前的时序。

### 读取PROM RH时序

RH PROM存储器包含7个地址，产生112位的总内存。地址包含工厂定义数据和CRC (详细细节请参考第17页，图23)。命令序列是8位，连同16位的结果，首先传输的是数据的最高位 (MSB)。PROM读命令由两个部分组成，第一部分使系统处于PROM读模式 (图20)，第二部分从系统中读取数据 (图21)。

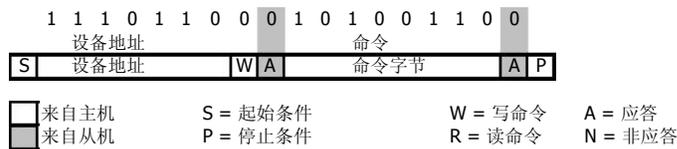


图20: I<sup>2</sup>C读存储器命令，地址=0xA6



图21: 来自ASIC 的I<sup>2</sup>C应答 (相对湿度)

## 循环冗余校验 (CRC)

MS8607包含两个单独但大小相同的PROM存储器 (112位):一个用于压力和温度 P&T (图22)，另一个用于相对湿度 (图23)。使用I<sup>2</sup>C命令PROM Read P&T和PROM Read RH就可访问这两个PROM存储器 (第6页)。

地址 (十六进制)	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0xA0	CRC				工厂定义											
0xA2													C1			
0xA4													C2			
0xA6													C3			
0xA8													C4			
0xAA													C5			
0xAC													C6			

表22: P&T存储器映像

## MS8607-02BA01 PHT复合传感器

地址 (十六进制)	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0xA0	工厂定义															
0xA2	工厂定义															
0xA4	工厂定义															
0xA6	工厂定义															
0xA8	工厂定义															
0xAA	工厂定义															
0xAC	工厂定义												CRC			

表23: RH存储器映像

已执行一个4位CRC，以检查两个PROM存储器中的数据的完整性。下面详细描述了CRC-4代码的使用。

### 用于CRC-4计算的C码示例 (P&T存储器)

```

unsigned char crc4_PT(unsigned int n_prom[])           // n_prom定义为8x无符号整数(n_prom[8])
{
    int cnt;                                         // 简单计数器
    unsigned int n_rem=0;                            // crc余数
    unsigned char n_bit;

    n_prom[0]=((n_prom[0]) & 0xFFFF);              // CRC字节被0所取代
    n_prom[7]=0;                                     // 辅助值, 设置为 0
    for (cnt = 0; cnt < 16; cnt++)                  // 对字节进行运算
    {                                                 // 选择LSB或MSB
        if (cnt%2==1)    n_rem ^= (unsigned short) ((n_prom[cnt]>>1) & 0x00FF);
        else              n_rem ^= (unsigned short) (n_prom[cnt]>>1]>>8);
        for (n_bit = 8; n_bit > 0; n_bit--)
        {
            if (n_rem & (0x8000))    n_rem = (n_rem << 1) ^ 0x3000;
            else                      n_rem = (n_rem << 1);
        }
    }
    n_rem= ((n_rem >> 12) & 0x000F);                // 最后的4位余数是CRC码
    return (n_rem ^ 0x00);
}
    
```

### 用于CRC-4计算的C码实例 (RH存储器)

```

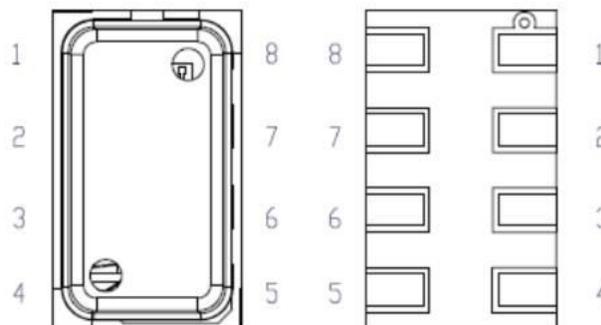
unsigned char crc4_RH(unsigned int n_prom[])         // n_prom定义为 8x无符号整数(n_prom[8])
{
    int cnt;                                         // 简单计数器
    unsigned int n_rem=0;                            // crc余数
    unsigned char n_bit;

    n_prom[6]=((n_prom[6]) & 0xFFF0);               // CRC字节被0所取代
    n_prom[7]=0;                                     // 辅助值, 设置为 0
    for (cnt = 0; cnt < 16; cnt++)                  // 对字节进行运算
    {                                                 // 选择LSB或MSB
        if (cnt%2==1)    n_rem ^= (unsigned short) ((n_prom[cnt]>>1) & 0x00FF);
        else              n_rem ^= (unsigned short) (n_prom[cnt]>>1]>>8);
        for (n_bit = 8; n_bit > 0; n_bit--)
        {
            if (n_rem & (0x8000))    n_rem = (n_rem << 1) ^ 0x3000;
            else                      n_rem = (n_rem << 1);
        }
    }
    n_rem= ((n_rem >> 12) & 0x000F);                // 最后的4位余数是CRC码
    return (n_rem ^ 0x00);
}
    
```

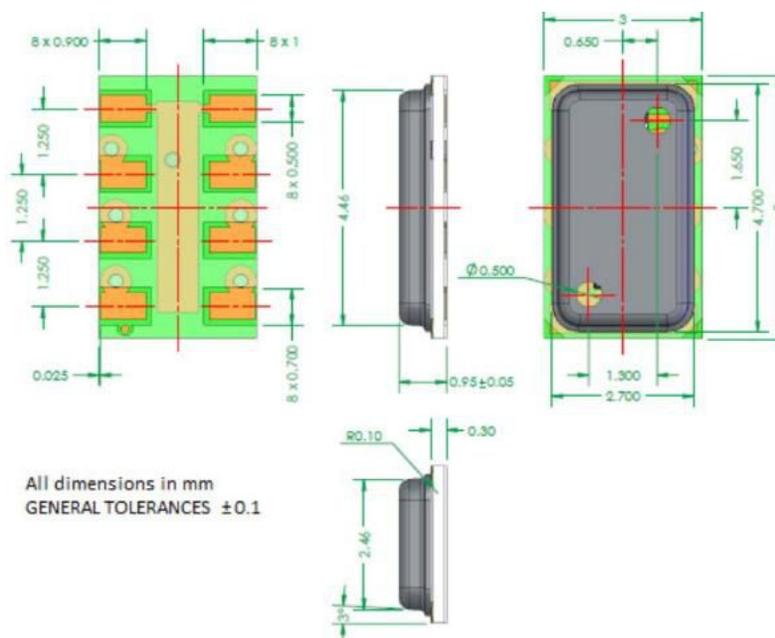
## MS8607-02BA01 PHT复合传感器

### 引脚配置

引脚	名称	类型	功能
1	VDD	P	正供电电压
3	GND	G	接地
7	SDA	IO	I2C数据IO
8	SCL	I	串行数据时钟
2,4,5,6	NC		



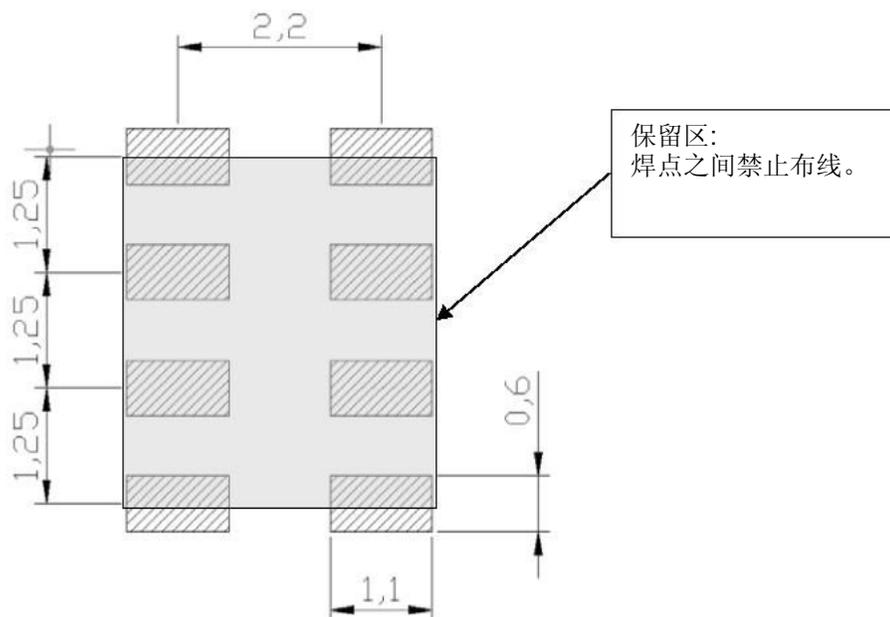
### 传感器封装外形



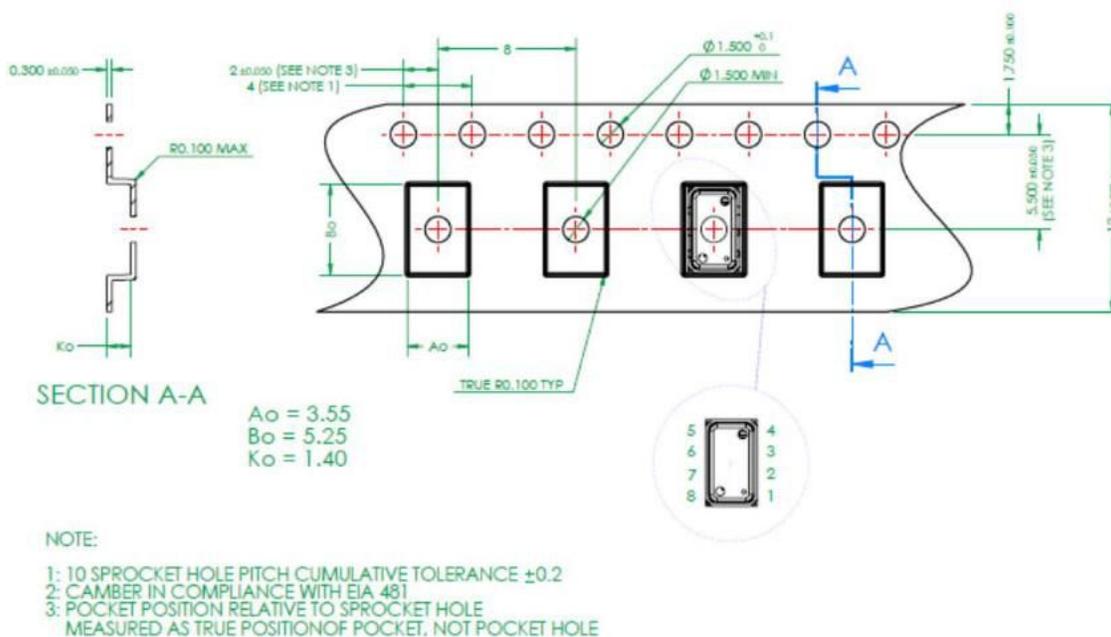
## MS8607-02BA01 PHT复合传感器

### 建议焊盘布局

MS8607-02BA01底部的焊盘布局，焊接在印刷电路板上。



### 运输包装



## MS8607-02BA01 PHT复合传感器

### 安装和装配注意事项

#### 焊接

关于焊接的所有问题，请参考我们网站上的应用笔记AN808。

#### 安装

利用使用真空吸嘴的自动取放设备来放置MS8607。传感器不会被真空损坏。由于装配应力低，所以并不存在压力滞后效应。这对于焊接全部的接触焊点来说是很重要的。

#### 连接到PCB

模块的封装外形允许使用一个柔性PCB，以实现相互连接。这对于手表和其他特殊设备应用来说是很重要的。

#### 清洗

MS8607是在洁净室条件下生产的。因此建议在等级达到10'000或更好的条件下组装传感器。如果达不到该要求，则建议在组装期间保护打开的传感器，以防止颗粒物和灰尘进入。为了避免清洗PCB，应该使用免洗型焊锡膏。清洗可能会损坏传感器！

#### 防静电ESD

电接触焊点的静电防护等级达到 2 kV HBM (人体模型)。因此在组装和接触设备的过程中，正确接地是至关重要的，以保护人员和设备安全。MS8607装于防静电运输箱中发货。在组装传感器过程中，所使用的测试适配器或产品运输箱必须是由等效的防静电材料制成的。

#### 去耦电容器

设备连接到电源时应该特别注意。一个最小为220nF的陶瓷电容器必须放在尽可能靠近MS8607 VDD引脚的位置。这个电容器在转换期间可以稳定电源，因而提供有可能达到的最高精度。

## MS8607-02BA01 PHT复合传感器

### 订货信息

产品型号	产品描述	发货方式
MS860702BA01-50	PHT复合传感器模块 5x3mm	卷带包装