

# AMS 5935

## 电路板安装式的数字信号输出 (I<sup>2</sup>C / SPI) 的 OEM 压力传感器

### 特性

- 电路板安装式的数字信号输出 (I<sup>2</sup>C / SPI) 的 OEM 压力传感器
- 校准和温度补偿
- 单向差分压力 (表压)、双向差分压力
- 压力测量范围: 1.25mbar 到 2000mbar
- 高精度数字信号输出的压阻式传感器
- 在 200 mbar 到 2 bar 的压力范围内, 室温下的总精度 < 0.1%FSO
- 在 200 mbar 到 2 bar 的压力范围内, 综合精度 TEB < 0.25%FSO (-25...85° C)
- 睡眠模式下的超低电流消耗, 适合电池供电
- 测量速度高达 250 Hz
- 工作电源范围 1.7V...3.6V
- I<sup>2</sup>C/SPI 的数字输出: 24 位压力和温度数值
- 数字 I<sup>2</sup>C 地址可编写
- DIP-08 陶瓷封装形式 (宽度: 0.6 英寸)
- 压力连接端口: 金属管或者法兰式
- 符合 RoHS 环保标准和 REACH 化学品认证

### 典型应用

- 静态或动态的压力测量
- 气体流量测量
- 液位测量
- 医疗设备
- 暖气 / 通风 / 空调 (HVAC)
- 电池供电和移动应用
- 真空测量

### 简介

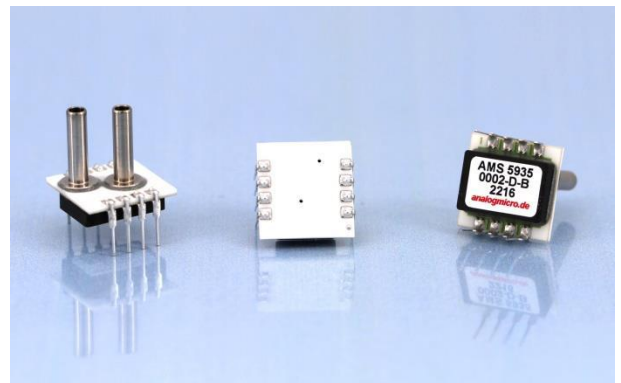
OEM 压力传感器 AMS 5935 系列是带有 18 位数字信号 I<sup>2</sup>C/SPI 输出的高精度电路板安装式的 OEM 压力传感器, 输出压力和温度二种信号。它是高品质的压阻式压力传感器芯体和先进的模拟数字混合 CMOS 专用集成电路在陶瓷基板上组合而成的。该传感器经过校准和在 -25...85 °C 温度范围内进行补偿, 从而获得高精度和长期稳定性。AMS 5935 压力传感器具有超低的电流消耗和 1.7...3.6 V 的宽电源电压范围, 特别适合电池供电的应用。

OEM 压力传感器 AMS 5935 系列是封装成便于在 PCB 电路板上安装的双立直插形式 (DIP), 压力进出端口是通过垂直于封装平面的金属管子引出或者通过一个合适的法兰形式引出。

OEM 压力传感器 AMS 5935 系列可以提供不同压力范围, 用于不同压力测量的系列产品:

- 1: 单向差分压力传感器 (表压):  
0...2.5 mbar 到 0...1000 mbar
- 2: 双向差分压力传感器:  
±1.25 mbar 到 ±1000 mbar
- 3: 绝对压力传感器: 0...500mbar 到 0 ... 2bar
- 4: 大气压力传感器: 700...1200

OEM 压力传感器 AMS 5935 系列也可以根据客户要求标定压力测量范围和专门定制。



# AMS 5935

## 带有放大的数字 (I<sup>2</sup>C) 输出的 OEM 压力传感器

压力测量范围 (带有垂直金属管的压力端口, 用于连接软管的)

压力传感器型号	压力类型	压力范围 in mbar	破坏压力 <sup>1)</sup> in bar	压力范围 in Pa	破坏压力 <sup>1)</sup> in kPa
<b>微压压力传感器</b>					
AMS 5935-0002-D	单向差分压力 / 表压 <sup>2)</sup>	0 ... 2.5	>0.2	0 ... 250	>20
AMS 5935-0005-D	单向差分压力 / 表压	0 ... 5	>0.2	0 ... 500	>20
AMS 5935-0010-D	单向差分压力 / 表压	0 ... 10	>0.2	0 ... 1000	>20
AMS 5935-0001-D-B	双向差分压力	-1.25 ... 1.25	>0.2	-125 ... +125	>20
AMS 5935-0002-D-B	双向差分压力	-2.5 ... +2.5	>0.2	-250 ... +250	>20
AMS 5935-0005-D-B	双向差分压力	-5 ... +5	>0.2	-500 ... +500	>20
AMS 5935-0010-D-B	双向差分压力	10 ... +10	>0.2	-1000 ... +1000	>20
<b>低压压力传感器</b>					
AMS 5935-0020-D	单向差分压力 / 表压	0 ... 20	>0.4	0 ... 2000	>40
AMS 5935-0035-D	单向差分压力 / 表压	0 ... 35	>0.4	0 ... 3500	>40
AMS 5935-0050-D	单向差分压力 / 表压	0 ... 50	>1	0 ... 5000	>100
AMS 5935-0100-D	单向差分压力 / 表压	0 ... 100	>1	0 ... 10000	>100
AMS 5935-0020-D-B	双向差分压力	-20 ... +20	>0.4	-2000 ... +2000	>40
AMS 5935-0035-D-B	双向差分压力	-35 ... +35	>0.4	-3500 ... +3500	>40
AMS 5935-0050-D-B	双向差分压力	-50 ... +50	>1	-5000 ... +5000	>100
AMS 5935-0100-D-B	双向差分压力	-100 ... +100	>1	-10000 ... +10000	>100
<b>标准压力传感器</b>					
AMS 5935-0200-D	单向差分压力 / 表压	0 ... 200	>1.7	0 ... 20000	>170
AMS 5935-0350-D	单向差分压力 / 表压	0 ... 350	>1.7	0 ... 35000	>170
AMS 5935-0500-D	单向差分压力 / 表压	0 ... 500	>5	0 ... 50000	>500
AMS 5935-1000-D	单向差分压力 / 表压	0 ... 1000	>5	0 ... 100000	>500
AMS 5935-0200-D-B	双向差分压力	-200 ... +200	>1.7	-20000 ... +20000	>170
AMS 5935-0350-D-B	双向差分压力	-350 ... +350	>5	-35000 ... +35000	>500
AMS 5935-0500-D-B	双向差分压力	-500 ... +500	>5	-50000 ... +50000	>500
AMS 5935-1000-D-B	双向差分压力	-1000 ... +1000	>5	-100000 ... +100000	>500
AMS 5935-0500-A	绝对压力	0 ... 500	>5	0 ... 50000	>500
AMS 5935-1000-A	绝对压力	0 ... 1000	>5	0 ... 100000	>500
AMS 5935-1500-A	绝对压力	0 ... 1500	>5	0 ... 150000	>500
AMS 5935-2000-A	绝对压力	0 ... 2000	>5	0 ... 200000	>500
AMS 5935-1200-B	大气压力	700 ... 1200	>5	70000...120000	>500

表 1: OEM 压力传感器 AMS 5935 系列的压力测量范围 (其它压力范围请咨询 AMG 公司)

压力测量范围 (O 型圈法兰安装形式, -N)

压力传感器型号	压力类型	压力范围 in mbar	破坏压力 <sup>1)</sup> in bar	压力范围 in Pa	破坏压力 <sup>1)</sup> in kPa
<b>微压压力传感器</b>					
AMS 5935-0002-D-N	单向差分压力 / 表压 <sup>2)</sup>	0 ... 2.5	>0.2	0 ... 250	>20
AMS 5935-0005-D-N	单向差分压力 / 表压	0 ... 5	>0.2	0 ... 500	>20
AMS 5935-0010-D-N	单向差分压力 / 表压	0 ... 10	>0.2	0 ... 1000	>20
AMS 5935-0001-D-B-N	双向差分压力	-1.25 ... 1.25	>0.2	-125 ... +125	>20
AMS 5935-0002-D-B-N	双向差分压力	-2.5 ... +2.5	>0.2	-250 ... +250	>20
AMS 5935-0005-D-B-N	双向差分压力	-5 ... +5	>0.2	-500 ... +500	>20
AMS 5935-0010-D-B-N	双向差分压力	10 ... +10	>0.2	-1000 ... +1000	>20

# AMS 5935

## 带有放大的数字 (I<sup>2</sup>C) 输出的 OEM 压力传感器

压力传感器型号	压力类型	压力范围 in mbar	破坏压力 <sup>1)</sup> in bar	压力范围 in Pa	破坏压力 <sup>1)</sup> in kPa
<b>低压压力传感器</b>					
AMS 5935-0020-D-N	单向差分压力 / 表压	0 ... 20	>0.4	0 ... 2000	>40
AMS 5935-0035-D-N	单向差分压力 / 表压	0 ... 35	>0.4	0 ... 3500	>40
AMS 5935-0050-D-N	单向差分压力 / 表压	0 ... 50	>1	0 ... 5000	>100
AMS 5935-0100-D-N	单向差分压力 / 表压	0 ... 100	>1	0 ... 10000	>100
AMS 5935-0020-D-B-N	双向差分压力	-20 ... +20	>0.4	-2000 ... +2000	>40
AMS 5935-0035-D-B-N	双向差分压力	-35 ... +35	>0.4	-3500 ... +3500	>40
AMS 5935-0050-D-B-N	双向差分压力	-50 ... +50	>1	-5000 ... +5000	>100
AMS 5935-0100-D-B-N	双向差分压力	-100 ... +100	>1	-10000 ... +10000	>100
<b>标准压力传感器</b>					
AMS 5935-0200-D-N	单向差分压力 / 表压	0 ... 200	>1.7	0 ... 20000	>170
AMS 5935-0350-D-N	单向差分压力 / 表压	0 ... 350	>1.7	0 ... 35000	>170
AMS 5935-0500-D-N	单向差分压力 / 表压	0 ... 500	>5	0 ... 50000	>500
AMS 5935-1000-D-N	单向差分压力 / 表压	0 ... 1000	>5	0 ... 100000	>500
AMS 5935-0200-D-B-N	双向差分压力	-200 ... +200	>1.7	-20000 ... +20000	>170
AMS 5935-0350-D-B-N	双向差分压力	-350 ... +350	>5	-35000 ... +35000	>500
AMS 5935-0500-D-B-N	双向差分压力	-500 ... +500	>5	-50000 ... +50000	>500
AMS 5935-1000-D-B-N	双向差分压力	-1000 ... +1000	>5	-100000 ... +100000	>500
AMS 5935-0500-A-N	绝对压力	0 ... 500	>5	0 ... 50000	>500
AMS 5935-1000-A-N	绝对压力	0 ... 1000	>5	0 ... 100000	>500
AMS 5935-1500-A-N	绝对压力	0 ... 1500	>5	0 ... 150000	>500
AMS 5935-2000-A-N	绝对压力	0 ... 2000	>5	0 ... 200000	>500
AMS 5935-1200-B-N	大气压力	700 ... 1200	>5	70000...120000	>500

表 2: OEM 压力传感器 AMS 5935 系列的压力测量范围 (O 型圈法兰安装形式) (其它压力范围请咨询 AMG 公司)

### 电路参数边界条件

参数	最小值	典型值	最大值	单位
最大供电电源电压: $V_S$ (max)			3.6	V
工作温度: $T_{op}$	-25		85	°C
储存温度: $T_{amb}$	-40		125	°C
系统压力: $P_{cm}$ <sup>3)</sup>			16	bar

表 3: 电路参数边界条件

#### 注意:

<sup>1)</sup> 破坏压力是指一个压力连接端口相对于另一个压力连接端口 (或者在只有一个连接端口) 之间所容许加的最大压力而不会引起压力传感器的密封性能损坏。

<sup>2)</sup> 相对压力是指一端的压力相对于环境压力 (大气压力) 而言, 也称作表压。

<sup>3)</sup> 系统压力  $P_{cm}$  是指差分压力传感器二个压力连接端口之间同时所容许加上的最大压力而不会损坏压力传感器。

# AMS 5935

## 带有放大的数字 (I<sup>2</sup>C) 输出的 OEM 压力传感器

### 电气参数

所有测试在  $V_S = 3.3\text{ V}$  和  $T_{op} = 25\text{ }^\circ\text{C}$  条件下, (除非另外注明)

参数	最小值	典型值	最大值	单位
<b>数字输出信号 (压力测量)</b> <sup>1)</sup> 在指定的最小压力 (见压力范围) <sup>2)</sup> 在指定的最大压力 (见压力范围) <sup>2)</sup> 输出电压幅度 (FSO) <sup>3)</sup> 没有压力时 (双向差分压力)		$0.1 \cdot 2^{24}$ $0.9 \cdot 2^{24}$ $0.8 \cdot 2^{24}$ $0.5 \cdot 2^{24}$		Counts Counts Counts Counts
<b>数字输出信号 (温度测量)</b> <sup>4)</sup> 在最低温度时 $T = -25\text{ }^\circ\text{C}$ 在最高温度时 $T = 85\text{ }^\circ\text{C}$		$0.09 \cdot 2^{24}$ $0.75 \cdot 2^{24}$		Counts Counts
<b>精度</b> <sup>5)</sup> (压力测量) 在常温 $T = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 压力范围: $\pm 1.25\text{ mbar}$ , $0 \dots 2.5\text{ mbar}$ 压力范围: $\pm 2.5\text{ mbar}$ , $0 \dots 5\text{ mbar}$ 压力范围: $\pm 5\text{ mbar} \rightarrow \pm 100\text{ mbar}$ 压力范围: $0 \dots 10\text{ mbar} \rightarrow 0 \dots 100\text{ mbar}$ 压力范围: $0 \dots 200\text{ mbar} \rightarrow 0 \dots 2\text{ bar}$			$\pm 0.6$ $\pm 0.5$ $\pm 0.3$ $\pm 0.3$ $\pm 0.1$	%FSO %FSO %FSO %FSO %FSO
<b>TEB 综合误差</b> <sup>6)</sup> (压力测量) 在温度范围 $T = -25 \dots 85\text{ }^\circ\text{C}$ 压力范围: $\pm 1.25\text{ mbar}$ , $0 \dots 2.5\text{ mbar}$ 压力范围: $\pm 2.5\text{ mbar}$ , $0 \dots 5\text{ mbar}$ 压力范围: $\pm 5\text{ mbar} \rightarrow \pm 100\text{ mbar}$ 压力范围: $0 \dots 10\text{ mbar} \rightarrow 0 \dots 100\text{ mbar}$ 压力范围: $0 \dots 200\text{ mbar} \rightarrow 0 \dots 2\text{ bar}$			$\pm 1.5$ $\pm 1.0$ $\pm 0.5$ $\pm 0.5$ $\pm 0.25$	%FSO %FSO %FSO %FSO %FSO
<b>综合误差 (温度测量)</b> 所有 AMS 5935 压力传感器类型 $T = -25 \dots 85\text{ }^\circ\text{C}$			$\pm 1.5$	%FSO
长期稳定性			< 0.5	%FSO/a
工作电源 ( $V_S$ )	1.7	3.3	3.6	V
A/D-转换器分辨率	18			bits
数字信号输出分辨率 (压力信号) <sup>7)</sup>	17		18	bits
数字信号输出分辨率 (温度信号)			16	bits
睡眠模式的电流消耗			250	nA
运行模式的电流消耗			2	mA
活动模式下的时间/0xAAHex 的 单次测量时间		4.0		ms
活动模式下的时间/4 次过采样测量 0xADHex 的时间		14.5		ms
启动时间 ( $V_S$ 上升至准备进行首次测量)		2.5		ms
最大测量速度 (采用 0xAAHex)		250		Hz
<b>数字信号 I<sup>2</sup>C 输出输入端</b> 输入高电平 输入低电平 输出低电平 负载电容 @ SDA 时钟频率 SCL 上拉电阻	80 0 0  1	   100	100 20 20 100 400 20	% $V_S$ % $V_S$ % $V_S$ pF kHz k $\Omega$
压力循环测量次数	106			
补偿温度范围	-25		85	$^\circ\text{C}$
重量		3		克
测量介质兼容性	参见注意事项 8) 9)			

表 4: 电气参数

# AMS 5935

## 带有放大的数字 (I<sup>2</sup>C) 输出的 OEM 压力传感器

### 注意事项:

- 1) 数字压力信号输出与工作电压不是比例输出的。
- 2) 压力测量最大最小范围参见表 1 和表 2
- 3) 输出信号幅度 (FSO) 是在指定的最大压力下输出的信号与在指定的最小压力下输出的信号差值 (根据压力范围)。
- 4) 数字温度信号输出与工作电压不是比例输出的。所给出的温度值是压力传感器芯体处的温度, 受到测量介质的温度、环境温度、传感器自身散热以及与传感器接触的材料的热导率等等的影响。
- 5) 精度是指在常温下所测量的数值与理想状态下的线性曲线之间的最大偏差并除以幅度值的百分值, 包括校准偏差 (零点和满度)、非线性、迟滞、重复性。非线性是指在测量压力范围内所测量的压力数值与最佳直线拟合 (BFSL) 数值的偏差。压力迟滞是指在压力范围内, 对任意一个压力, 经过压力范围内的一个压力循环变化所测量的压力的最大偏差。重复性是指在压力范围内, 对任意一个压力, 经过压力范围内的 10 次压力循环变化所测量的压力的最大偏差。
- 6) 综合误差 (总误差) 是指在整个温度范围内 (-25 ... 85 °C), 测量数值与理想状态下的线性曲线之间的最大偏差并除以幅度值的百分值。
- 7) 对于 0...2.5mbar 和 -1.25...+1.25mbar 的压力范围, 最小分辨率为 16 位。
- 8) 压力连接端口 1 处的介质兼容性: (端口 1 处的描述见图 7 和图 8) 干净的、干燥的气体, 对硅材料、室温硫化硅橡胶 (RTV-Silicone)、黄金材料无腐蚀性 (碱性或酸性液体将会导致传感器的损坏)。对于带金属管的压力传感器, 还必须考虑镀镍钢管及其环氧树脂粘合剂的介质兼容性。
- 9) 压力连接端口 2 处的介质兼容性: (端口 2 处的描述见图 7 和图 8) 对硅材料、派热克斯玻璃 (Pyrex)、室温硫化硅橡胶 (RTV-Silicone) 等无腐蚀性 (碱性或酸性液体将会导致传感器的损坏)。对于带金属管的压力传感器, 还必须考虑镀镍钢管及其环氧树脂粘合剂的介质兼容性。

### 工作原理

OEM 压力传感器 AMS 5935 系列是高品质的压阻式压力传感器芯体和先进的模拟数字混合 CMOS 专用集成电路在陶瓷基板上组合而成的。它可以进行数字修正, 从而使压力的测量精度更高, 漂移更低, 长期稳定性更好。

OEM 压力传感器 AMS 5935 系列的工作原理见图 1。

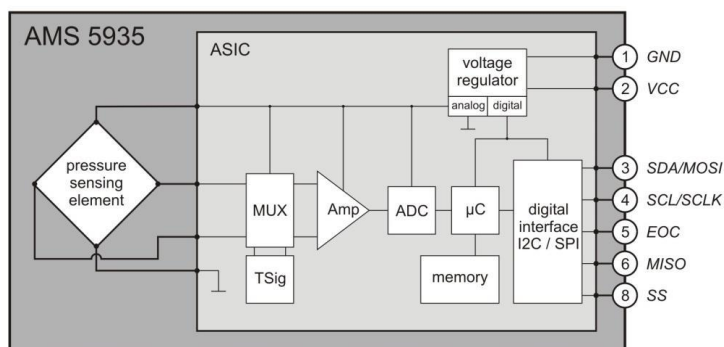


图 1: 工作原理

原则上压力测量是从压阻式压力传感器芯体开始, 它把测量压力转化为一个与压力成正比的差分电压信号。该差分信号经过专用集成电路 ASIC 的多个步骤的处理和修正最后输出数字信号。

首先这个由压力测量传感器芯体得到的差分信号经过专用集成电路 ASIC 放大 (Amp) 和多工调制器 (Mux) 处理送往 ADC 并转换成分辨率为 18 bits 的数字信号。此数字信号由后面的微处理器 (µC) 进行线性化和温度补偿以及校准处理。经过对传感器批量方式进行的精密数字修正得到每一个传感器的修正数据储存到只读存储器 EEPROM 里。用这种方法使每一个传感器的压力信号能够得到数字化的校准和修正 (温度补偿和线性化)。为了进行温度补偿所必要的温度信号同样也是从压阻式压力传感器芯体中得到并且经过多工调制器处理送往 ADC 转换成数字信号。在专用集成电路 ASIC 中的微处理器 µC 有一个循环程序不断运行, 它利用每个数字化的压力和温度数值和修正数据计算出修正后的标准化 24bit 压力数字信号, 同时也计算出了一个标准化 24bit 温度数字信号。这些计算出来的修正好的 24-bit 的压力和 24-bit 温度数字信号被写入专用集成电路 ASIC 的输出

# AMS 5935

## 带有放大的数字 (I<sup>2</sup>C) 输出的 OEM 压力传感器

寄存器并且不断更新。通过压力传感器的 I<sup>2</sup>C/SPI 输出接口从输出寄存器读出压力和温度的标准化数字输出值。I<sup>2</sup>C 通信使用的管脚 PIN3 (SDA) 和 PIN4 (SCL)，SPI 通信使用管脚 PIN3、PIN4 (SCLK)、PIN6 (MISO) 和 PIN8 (SS)。这个通过 I<sup>2</sup>C/SPI 接口输出的压力和温度数字信号与工作电压不是成比例输出的。

AMS 5935 的功能模块由稳压电源供电，稳压电源分为两部分供电：数字部分为微控制器、存储器和数字接口供电和模拟部分为传感元件、MUX、放大器和 ADC 供电。

为了减少传感器的电流消耗，传感器具有睡眠模式。通电后，它立即进入睡眠模式，其中只有 ASIC 的数字部分通电，并等待 I<sup>2</sup>C/SPI 接口上的命令。为了从 AMS 5935 获得测量数据，必须在数字接口上发送测量请求。在接收到测量请求后，ASIC 进入活动模式，传感器的模拟部分通电，并开始测量。根据发出的命令，传感器执行一次测量或四次测量，从中计算平均值。测量周期完成后(持续时间: 单次测量为 4.0ms, 四次测量为 14.5ms)，经过程序修正后的压力和温度数据存储在输出寄存器中，ASIC 返回睡眠模式。压力和温度的标准化数字 24 位输出值可以通过 I<sup>2</sup>C/SPI 从传感器的数字接口读取，而无需将传感器从睡眠模式中唤醒。

### 使用说明

#### 电气连接

OEM 压力传感器 AMS 5935 的电气连接通常是它们焊接在印刷电路板上或将它们安装在合适的插座上来实现。根据使用要求是采用 I<sup>2</sup>C 还是 SPI 协议，它们的连接方式是不同的。

对于使用 I<sup>2</sup>C 协议输出数据，AMS 5935 传感器的基本电路如图 2 所示。将 PIN1 (GND)、PIN2 (VCC) 和 I<sup>2</sup>C 总线连接到 PIN3 (SDA) 和 PIN4 (SCL) 就可以了。

注意：每根总线的连接线必须加上一个上拉电阻（推荐 10 kΩ）并与电源 VCC（或者+3.3 V）连接。

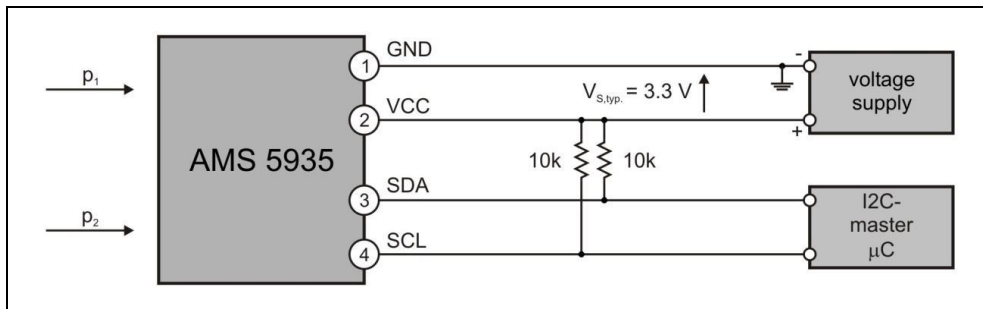


图 2: I<sup>2</sup>C 基本电气连接图

为了使用 SPI 协议输出数据，AMS 5935 传感器的基本电路如图 3 所示。对于 SPI 通信，必须连接 PIN1 (GND)、PIN2 (VCC) 和 PIN3 (MOSI)、PIN4 (SCLK)、PIN6 (MISO) 和 PIN8 (SS) 的 SPI 总线。

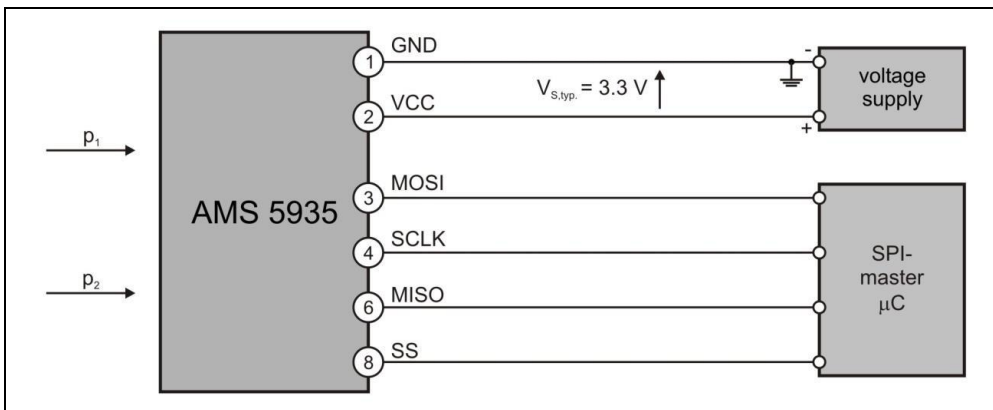


图 3: SPI 基本电气连接图

# AMS 5935

## 带有放大的数字 (I<sup>2</sup>C) 输出的 OEM 压力传感器

无论使用何种通信协议，PIN5 (EOC) 都可以另外连接到微控制器，可用于确定启动的测量周期是否已经完成，以及测量数据是否准备好读出。它在测量周期期间处于低电平 (逻辑 0)，并且一旦可以从输出寄存器读取测量数据时就变为高电平 (逻辑 1)。

### 压力端口连接

压力测量连接端口有二种，一种是用金属的管子制成的压力连接端口；还有一种是无金属管的法兰安装式端口 (陶瓷平面上的小孔)。压力连接端口 1 和 2 的连接要注意以下一些条件 (这里 P1 是指端口 1 处的压力，P2 是指端口 2 处的压力)：

压力传感器类型	压力测量类型	压力端口 p1	压力端口 p2	测量要求
AMS 5935-XXXX-D	差分压力	连接 p1	连接 p2	$p1 \leq p2$
	正差分压力 (正表压)	空	连接 p2	$p2 \geq p_{ambient}$
	负差分压力 (真空)	连接 p1	空	$P1 \leq p_{ambient}$
AMS 5935-XXXX-D-B	双向差分压力	连接 p1	连接 p2	$p1 \geq p2$ 或者 $p1 \leq p2$
AMS 5935-XXXX-A	绝对压力	连接 p1	空	$p1 =$ 测量压力
AMS 5935-XXXX-B	大气压力 (绝对)	连接 p1	空	$p1 =$ 测量压力

不同压力端口的位置和尺寸见图 9 和图 10。测量介质的兼容性要参考“电气参数”表中的注意事项 8、9 条。

#### 注意：

1. 对于压力小于 30 PSI (2bar)，AMG 公司建议使用硅胶管 (内径  $\varnothing=2$  mm，外径  $\varnothing=6$  mm)。
2. 除引脚 7 外，未使用的引脚必须保持未连接状态。引脚 7 内部未连接。
3. 在组装和生产中需要有预防 ESD 静电的措施。在生产和组装中，要求设备和人员都有接地的措施。

## AMS 5935 的 I<sup>2</sup>C 数字通讯接口介绍

对于测量数字信号的数据读出，AMS 5935 压力传感器提供了能够通过 I<sup>2</sup>C 协议进行通信的数字接口。I<sup>2</sup>C 通信的基本电路如图 2 所示。为了设置 AMS 5935 的数字接口进行 I<sup>2</sup>C 通信，上电后的第一个命令必须是有效的 I<sup>2</sup>C 命令。每次开机后或开机重置 (POR) 后，都必须执行此设置。I<sup>2</sup>C 通信协议基于简单的主从原理，其中 AMS 5935 作为从机运行。例如，主设备可以是微控制器、计算机或配套设备。数据传输始终由主设备开始初始化，由主设备开始和结束通信，并在串行时钟线上产生信号，使主设备和传感器之间的通信同步。

### I<sup>2</sup>C 通信的基础资料

通过 I<sup>2</sup>C 进行通信需要两条总线：串行数据线 (SDA) 和串行时钟线 (SCL)。SDA 和 SCL 线必须使用上拉电阻连接到正电源电压。SDA 线是一条双向数据线，用于在 I<sup>2</sup>C 主设备和传感器之间双向传输数据。SCL 线是串行时钟线。OEM 压力传感器 AMS 5935 系列有一个数字 I<sup>2</sup>C 信号的输出接口。通过数字 I<sup>2</sup>C 信号输出接口可以从输出寄存器读出经过修正的实时的压力和温度数值。

数据传输始终由 I<sup>2</sup>C 主控器初始化，它发送传感器的 7 位地址，后面是数据方向位。如果数据方向位为“1” (写入=W)，则传感器接收控制器的命令并对其进行处理。如果数据定向位为“0” (读取=R)，传感器将用其输出寄存器中的数据应答。

# AMS 5935

## 带有放大的数字 (I<sup>2</sup>C) 输出的 OEM 压力传感器

AMS 5935 的 I<sup>2</sup>C 通信遵循标准 I<sup>2</sup>C 通信协议 (如图 4 所示), 具有以下几个阶段:

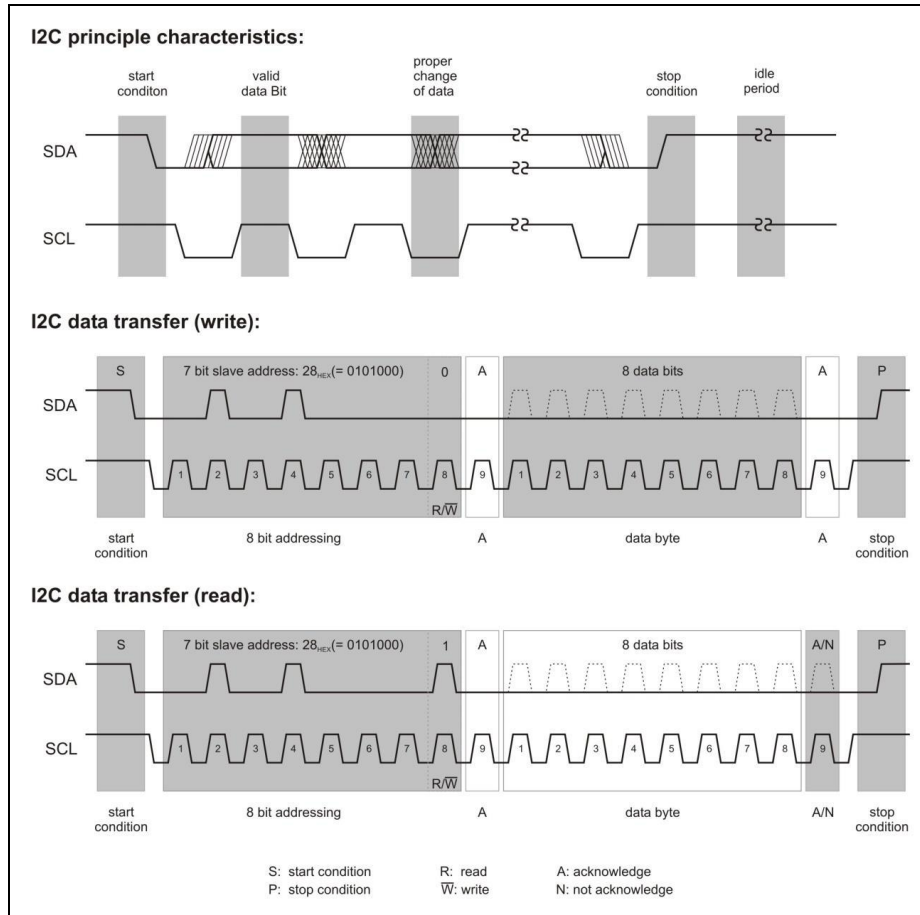


图 4: I<sup>2</sup>C 通讯协议标准

### Idle Period (空闲时间)

在空闲时间, 二根 I<sup>2</sup>C-总线导线 (SDA 和 SCL) 通过上拉电阻处于工作电压的电位 (高电平)。

### Start S (启动条件)

总线在信号传输前, 必须产生一个启动条件。该启动条件始终是通过 I<sup>2</sup>C 主机发出的。当 SDA 导线上的电平从高电平变成低电平同时 SCL 导线上的电平为高电平时, 就是满足启动条件的。从 AMS 5935 输出寄存器读出的数字信号始终随着一个启动条件开始的。

### Stop P (停止条件)

停止条件始终是通过 I<sup>2</sup>C 主机发出的, 只要一个数据传输完整地传输结束后。当 SDA 导线上的电平从低电平变成高电平同时 SCL 导线上的电平为高电平时, 就是满足停止条件的。数字信号的读出随着停止条件的发出而结束。

### Valid Data (有效数据)

数据传输始终以一个字节 (8 位), 就是最高有效位 (MSB) 开始。每个时钟脉冲都有一个位 (bit) 传输过去。只有在启动条件以后, 当 SDA 导线上的电平保持常数同时在 SCL 导线上的电平为高电平时, 所有传输过去的位数据才是有效的。只有当 SCL 导线上的电平是低电平时, SDA 导线上的电平必须开始改变。



# AMS 5935

## 带有放大的数字 (I<sup>2</sup>C) 输出的 OEM 压力传感器

### Acknowledge A (确认) / Not Acknowledge N (不确认)

一个字节传输过去后，每个接收设备（主机和从机）都要发送一个接收确认信号（附加的确认位）。对此主机会产生一个附加的与确认位相关的时钟脉冲。在附加时钟脉冲信号时间，接收设备发送这个确认位信号是通过 SDA 导线上的电平变为低电平。如果接收器在确认相关时钟脉冲期间将 SDA 导线拉至“高电平”，则被解释为未确认，并且主设备和从设备之间的通信停止。

### Addressing (寻址 / AMS 5935 的 I<sup>2</sup>C 地址)

为了寻找某个压力传感器，在发出应该启动命令后，主机再发送一个与某个压力传感器相应的寻址字节。寻址字节包含了各个相应的从机设备（AMS 5935）的 7 位地址和一位数据传输方向位读或写命令 (R/W)。如果从主机到从机（传感器）的读或写命令 (R/W) 是 „0“，就说明是写入 W：主机想将数据写入所选出的从机（传感器）中去。如果数据传输方向位读或写命令是 „1“，就说明是读出 R：主机想获得所选出的从机（传感器）的数据。

OEM 压力传感器 AMS 5935 在生产中统一写入相同的 7 位的从机寻址地址 **0x28<sub>Hex</sub>** (0101000bin)。

如果同时有多个 OEM 压力传感器 AMS 5935 通过 I<sup>2</sup>C 总线与主机相连，那么每个压力传感器必须编有不同的独立的地址。根据用户需要每个压力传感器在生产时就可以写入各自不同的一个 7 位寻址地址（7 位，就是 7bit-寻址地址可以有 128 个不同的地址）。由于地址 **0x04<sub>Hex</sub>** 到 **0x07<sub>Hex</sub>** 由 AMS 5935 内部使用，它们不能用作 I<sup>2</sup>C 地址，那么还有剩余 124 个地址可以供用户使用。当然用户也可以借助于操作设备 USB-Starter-Kit 为压力传感器直接编写各个传感器的各自的寻址地址（见附件）。

**注意：**与原始的 I<sup>2</sup>C 通信协议相比，AMS 5935 的通信协议有三个不同之处：

1. 不允许在没有时钟脉冲的启动条件之后直接出现停止条件。这将导致下一次通信的通信错误。
2. 当 SCL 仍然为高时，不允许在数据传输期间出现第二个启动条件（重新启动）。
3. 在启动条件和第一个上升 SCL 边沿之间，不允许出现下降的 SDA 边沿。

### 通过 AMS 5935 的 I<sup>2</sup>C 输出输入接口读出数字信号数据

默认情况下，AMS 5935 在通电后处于睡眠模式。要将传感器从睡眠模式唤醒并开始测量，必须从 I<sup>2</sup>C 主机向从机压力传感器发送数据请求。传感器测量完成后（单次测量 4.0ms，四次测量 14.5ms），I<sup>2</sup>C 主机可以从传感器的输出寄存器读取数据。

#### 测量开始（发送数据请求）

通过 I<sup>2</sup>C 总线传输数据总是在 I<sup>2</sup>C 主机的请求数据传输的要求下进行的。要开始测量，主机必须发送一个数据请求：0xAAHex 用于单次测量，0xADHex 用于四次测量，图 5 对此进行了描述。首先 I<sup>2</sup>C 主机在总线上产生一个启动条件的信号，然后 I<sup>2</sup>C 主机发送一个寻址字节信号，这是一个 7 位的相应的压力传感器的从机地址（出厂时给出的 AMS 5935 的从机地址是 0x28Hex = 0101000bin）。接着主机发出一个数据传输方向位读出或写入命令 (R/W=0, 读出)。此时相应的压力传感器应答一个确认信号，现在主机可以发送命令 0xAAHex 或 0xADHex。命令 0xAAHex 将触发单个压力和温度的测量，并将测量值存储在输出寄存器中。命令 0xADHex 将触发多次的测量，这里将执行四个压力和温度的测量，并计算这些经过校正和温度补偿的 4 个压力值以及四个温度值的平均值。这些平均值存储在输出寄存器中。因为四次测量之间没有断电，所以测量出来的数据收到噪声的影响比较小，相对精度就高。如果低噪声信号对您的应用很重要，建议使用 0xADHex 命令。

在发送了相应的测量命令之后，AMS 5935 用一个确认位进行应答表示已经理解了该命令。接着为此目的主机产生另一个与确认相关的时钟脉冲。数据请求命令以 I<sup>2</sup>C 主机发送的停止命令后结束。

# AMS 5935

## 带有放大的数字 (I<sup>2</sup>C) 输出的 OEM 压力传感器

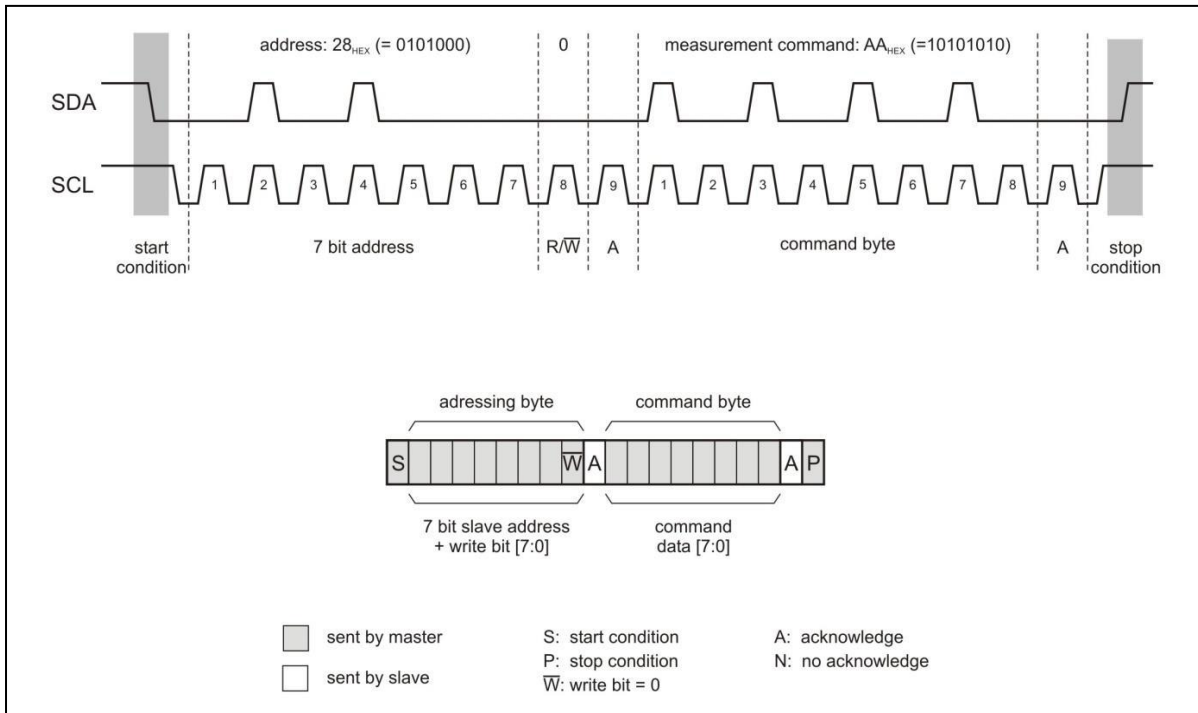


图 5: 启动单个测量 (使用命令 0xAAHex 的数据请求)

### 读取测量数据 (I<sup>2</sup>C 读取)

单次采样测量 4.0ms 或者四次采样测量 14.5ms 后, 测量周期结束, 此时主机可以从传感器的输出寄存器读取数据 (见图 6)。为了启动数据读出, I<sup>2</sup>C 主机发送一个启动条件, 并发送相应传感器的 7 位 I<sup>2</sup>C 地址, 然后发送数据传输方向位 (R=“1”)。传感器再次在与确认相关的时钟脉冲期间用确认位进行应答, 并开始将存储在其输出寄存器中的数据发送到主机。对于一个完整的压力数据和温度数据, 一共有 7 个字节数据从压力传感器的输出寄存器发送到 I<sup>2</sup>C 主机。第一个字节包含传感器的状态, 接下来的三个字节是传感器的 24 位压力测量值, 最后三个字节则是 24 位温度测量值。测量数据总是以最高有效字节开始, 每个字节以最高有效位开始。在每个传输的数据字节上, I<sup>2</sup>C 主机都会发送一个确认位 A, 确认数据被正确接收。在第七个字节之后, 主机通过发送一个未确认位 N 和一个停止条件 P 来停止读出。如果需要少于完整的七个数据字节, 则主机可以在每个字节之后通过发送未确认位 N 和停止条件 P 来停止数据传输。例如, 这里可以允许仅读取状态字节或在读取压力测量数据之后停止读取。

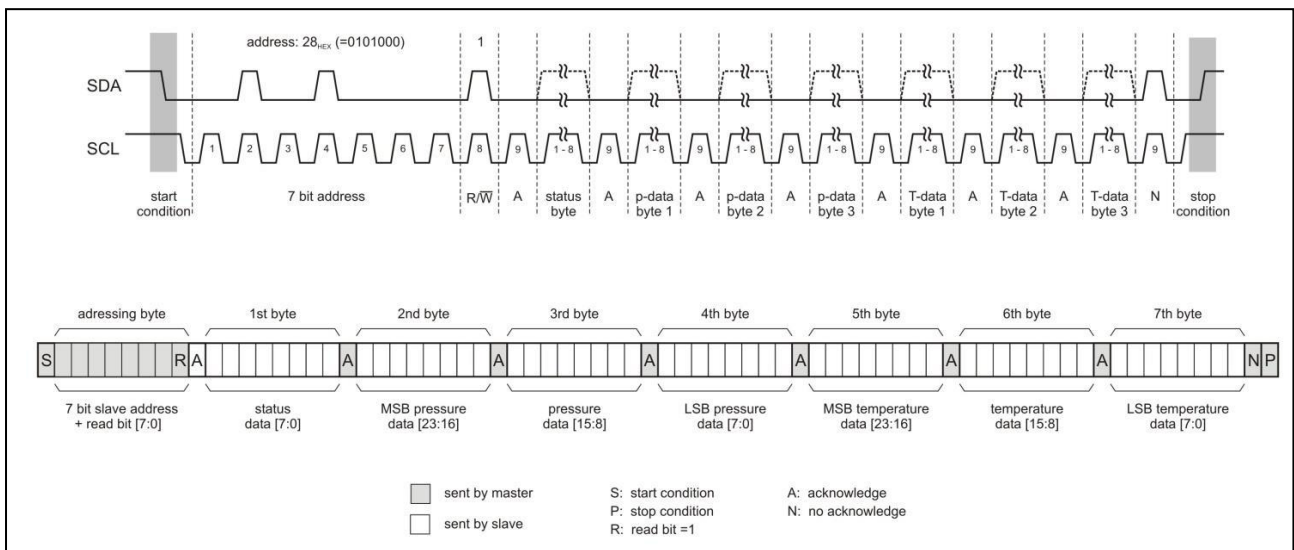


图 6: I<sup>2</sup>C 读出完整的 7 字节的测量数据

# AMS 5935

## 带有放大的数字（I<sup>2</sup>C）输出的 OEM 压力传感器

### AMS5935 的 SPI 数字通信接口介绍

AMS 5935的数字接口支持通过SPI总线进行通信，它的电气连接见图3所示。为了设置AMS 5935的数字SPI接口进行SPI通信，通电后的第一次通讯必须是激活SS线。在启动过程中（通电2.5毫秒后），SCKL线路上不允许进行任何转换。AMS 5935数字接口的SPI设置必须在每次通电后或通电复位（POR）后进行重置。

SPI通信协议基于简单的主从原理，其中AMS 5935始终作为从机运行。例如，主设备可以是微控制器、计算机或配套设备。数据传输始终由SPI主机开始初始化，SPI主机启动和结束通信，并在串行时钟线上生成信号，使SPI主机和传感器之间的通信同步。

### SPI通信的基础资料

通过SPI总线进行通信需要四条总线：SS（从选择）、SCKL（串行时钟）、MOSI（主输出从输入）和MISO（主输入从输出）。SS线用于选择从机的通信。SCKL线通过数据线MOSI和MISO完成同步的数据传输。数据总线MOSI和MISO是单向的。从SPI主设备到从设备的数据仅通过MOSI线传输。相反，从从设备到SPI主设备的数据仅通过MISO线传输。数据传输总是通过将SS线设置为激活状态来启动，并通过将其注销来停止。SPI协议提供了许多可调的设置，比如SS线的极性（SS\_polarity）、SCKL线的极性（CPOL）和数据读取的定时（CPHA）。以下描述了基于SPI设置的SPI通信：SS\_polarity=“0”（SS线在激活状态下为低），CPOL=“0”（SCKL在空闲状态下为高），CPHA=“0”（在SCKL线上升沿读取的数据），这是AMS 5935的标准设置。

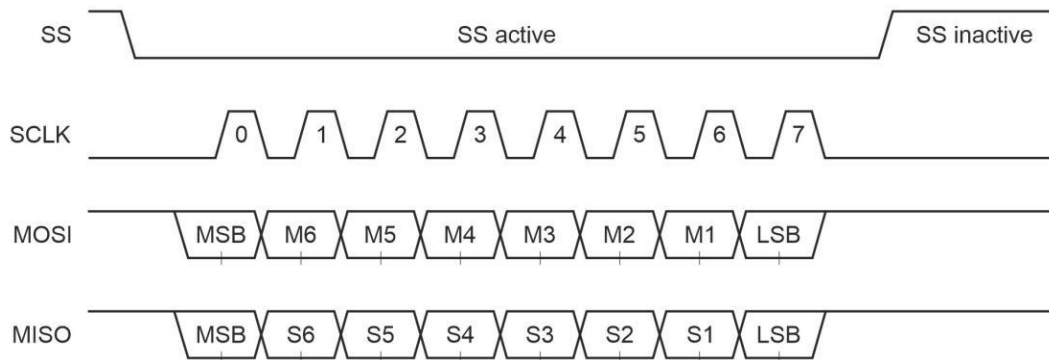


图 7：SPI 协议与 AMS 5935 的 SPI 设置（CPOL = 0, CPHA = 0, SS\_pol = 0）

AMS 5935的SPI通信遵循图7所示的通信协议，具有以下几个通信阶段：

#### Idle Period（空闲时间）

当总线空闲时，SS线处于非激活状态并被拉到高电平电压，SCKL线被拉到低电平电压。

#### 启动S（激活SS线）

控制器通过将SS线从高电平拉到低电平电压来启动通信，这是激活状态。

#### 停止P（停用SS线）

为了结束通信，控制器将SS线路设置回非激活状态（高电平电压）。

#### 数据传输

数据在MOSI和MISO线上以字节（1字节=8位）的形式传输，从最高有效位开始。每个数据位在SCKL上用相关的时钟脉冲传输。数据在SCKL上的每个时钟脉冲的下降沿设置，在上升沿读取。如果MOSI（或MISO）上的电压电平在数据读出的时钟沿期间没有变化，则传输的比特是有效的。

#### 同一SPI总线上的多个从属设备

如果必须在同一SPI总线上连接多个从设备，则所有从设备并行共享SCKL、MOSI和MISO线路。每个从设备都需要有自己的SS线连接到SPI主设备。

# AMS 5935

## 带有放大的数字 (I<sup>2</sup>C) 输出的 OEM 压力传感器

### 自定义SPI设置

根据需要，传感器可以设置为有关SS\_polarity、CPOL和CPHA的自定义SPI设置。如需更多信息，请联系 info@analogmicro.de。

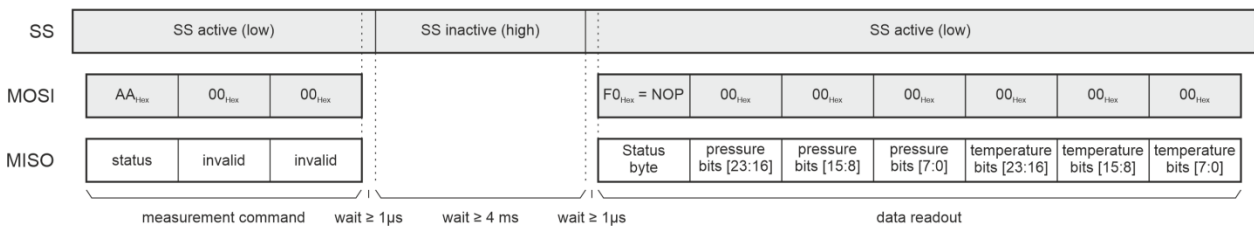
### 通过SPI从AMS 5935读取数据

开机后，AMS 5935将进入睡眠模式。要将传感器从睡眠模式唤醒并开始测量，主/控制器必须向传感器发送SPI数据请求命令。在完成测量后（单次测量为4.0毫秒，四次测量为14.5毫秒），控制器可以使用SPI数据读取命令从传感器的输出寄存器中读取数据。数据读出如图8所示。

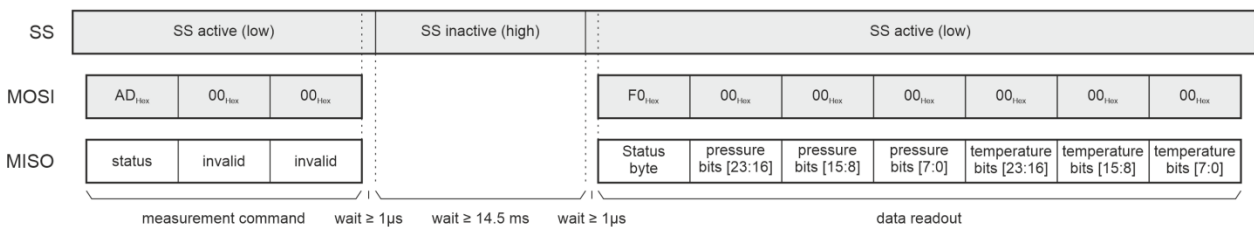
### SPI数据测量命令

为了开始一个测量周期，控制器激活SS线，并通过MOSI线路向AMS 5935发送数据请求命令0xAA 00 00Hex，如图8上部所示。同时，传感器以三个字节作为响应，从状态字节开始，然后是MISO线上的两个无效数据字节。在数据请求命令的传输完全完成后，SS线路被设置为非激活状态。1) 在接下来的4毫秒内，传感器执行测量，并在AMS 5935的输出寄存器上输出压力和温度的当前测量值。如果控制器发送命令0xAD 00 00Hex而不是0xAA 00 00Hex，传感器将执行四次的测量，如图8下部所示。在接下来的14.5毫秒内，传感器执行四个测量周期并计算平均值，这些值被写入AMS 5935的输出寄存器。四次测量之间不可以断电。如果低噪声的测量信号对应用设备很重要，建议使用0xAD 00 00Hex命令。

#### Single measurement cycle



#### Four-fold measurement cycle



- sent by master
- sent by slave

图 8: SPI 数据读出

### SPI数据读取命令

测量完成后，可以从AMS 5935的输出寄存器读取数据，如图8所示。为了开始数据读出，控制器将SS线设置为激活状态，并在MOSI线上向AMS 5935发送完整的测量命令：0xF0 00 00 00 Hex。同时，传感器在MISO线上发送7个字节的数据。第一个字节包含传感器的状态，接下来的三个字节是传感器的24位数字压力测量值，最后三个字节则是24位数字温度测量值。测量值首先以最高有效字节传输。在数据读出结束时，控制器将SS线设置为非激活状态。

如果只需要压力测量值，控制器会发送命令0xF0 00 00Hex，而不是完整的测量命令。同时，传感器用状态字节和三个压力测量字节进行响应。此外，可以在不执行测量命令的情况下读取状态字节。在这种情况下，主机将SS线路设置为激活状态，并通过MOSI线路发送命令0xF0HEX。传感器与状态字节同时应答。主机通过将SS线设置为非激活状态来结束通信。

1) 注意：通过MOSI发送命令和将SS线设置为非激活状态之间的短暂等待时间（1μs）可能是保证数据传输成功所必需的。

# AMS 5935

## 带有放大的数字 (I<sup>2</sup>C) 输出的 OEM 压力传感器

### 数据解析

#### 状态字节

第一个字节是状态字节，包含有关 AMS 5935 状态的基本信息。它总是作为数据读取过程中的第一个数据字节发送，包含以下信息，如表 5 所示：

传感器状态字节	7	6	5	4	3	2	1	0
默认 default	0	1	0	0	0	0	0	0
含义	-	-	0, 如果传感器数据准备就绪	-	-	0, 如果完整性测试通过	-	0, 如果传感器未溢出

表 5: AMS 5935 的状态字节

**状态位[7:6]:** 始终[0:1]

**状态位 5 / 忙:** 只要传感器执行测量周期，该位就是“1”。如果传感器数据准备就绪，则该位设置为“0”。此信息也可通过 EOC 引脚访问，但极性相反。

**状态位[4:3]:** 始终[0:0]

**状态位 2 / 内存检查:** 在通电期间，AMS 5935 检查其内存。一般来说，这个状态位应该是“0”。如果为“1”，则在启动过程中发生错误，表明传感器工作不正常。

**状态位 0 / 溢出指示:** 此状态位表示信号溢出。如果传感器数据有效，则为“0”。如果为“1”，则施加的压力超过传感器的压力范围。

### 实时的压力和温度的计算

数字压力值由字节 2、3 和 4 给出，字节 2 是最高有效字节，字节 4 是最低有效字节。同样，温度值由字节 5、6 和 7 组成。为了得到所需的压力和温度信息，必须将数字输出值转换为物理单位，换算成以 bar（或 PSI）和度（°C）为单位的物理测量值。

压力的实时测量值  $p$ （这里以 mbar 或 Pa 为单位）根据以下公式计算：

$$p = \frac{Digout(p) - Digout_{min}}{Sensp} + p_{mir} \quad \text{其中} \quad Sensp = \frac{Digout_{max} - Digout_{min}}{p_{max} - p_{min}} \quad (1)$$

这里  $p$  是实时压力（以 bar 或 Pa 为单位）， $p_{min}$  是最小压力（零点）， $p_{max}$  是最大压力（满度），它们由传感器所标定的压力范围决定（见表 1 和表 2）。

$Digout(p)$  是实时的 24 位数字压力信号（计数单位）

$Digout_{min}$  和  $Digout_{max}$  是最小和最大数字压力信号（计数单位）

$Sensp$  是压力传感器的灵敏度（计数单位/mbar 或者计数单位/Pa）。

从数字温度信号换算为实时的温度（°C）由以下公式计算：

$$T = \frac{DigoutT(T) - 165}{2^{24}} - 40 \quad (\text{单位 } ^\circ\text{C}) \quad (2)$$

这里  $T$  是传感器处的温度（单位°C）， $DigoutT(T)$  是实时 24 位的数字温度信号（计数单位）。

# AMS 5935

## 带有放大的数字 (I<sup>2</sup>C) 输出的 OEM 压力传感器

### 举例

一个型号为 AMS 5935-0005-D-B (-5...+5 mbar 双向差分压力) 的双向差分压力传感器输出以下 7 个字节的数字信号:

Byte 1: 0x40<sub>Hex</sub>    Byte 2: 0xB9<sub>Hex</sub>    Byte 3: 0x12<sub>Hex</sub>    Byte 4: 0xD4<sub>Hex</sub>    Byte 5: 0x62<sub>Hex</sub>    Byte 6: 0xAA<sub>Hex</sub>  
Byte 7: 0x33<sub>Hex</sub>

字节 1 (Byte1) 是状态字节, 不需要进行计算。

取字节 2、3 和 4, 合并后当前 24 位数字压力值为:

$$\text{Digout}(p) = \text{B9 12 D4}_{\text{Hex}} \text{ (计数单位)} = 12128980_{\text{Dec}} \text{ (计数单位)}$$

对于字节 5、6 和 7, 数字温度值为:

$$\text{Digout}(T) = \text{62 AA 33}_{\text{Hex}} \text{ (计数单位)} = 6466099_{\text{Dec}} \text{ (计数单位)}$$

对于 AMS 5935-0005-D-B 来说, 它的压力范围是:

$$p_{\min} = -5 \text{ mbar}, p_{\max} = 5 \text{ mbar}, \text{Digout}_{\min} = 0.1 \cdot 2^{24}, \text{Digout}_{\max} = 0.9 \cdot 2^{24}$$

根据公式 (1) 计算得出实时的压力为:

$$p = \frac{(12128980 - 0.1 \cdot 2^{24}) \text{ counts}}{(0.8 \cdot 2^{24} / 10) \text{ counts/mbar}} + (-5) \text{ mbar} = 2.787 \text{ mbar}$$

根据公式 (2) 计算得出实时的温度为:

$$T = \frac{(6466099 \cdot 165) \text{ counts} \cdot ^\circ\text{C}}{2^{24} \text{ counts}} - 40 \text{ } ^\circ\text{C} = 23,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

# AMS 5935

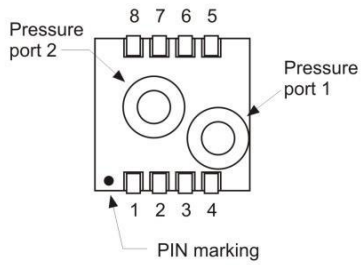
## 带有放大的数字 (I<sup>2</sup>C) 输出的 OEM 压力传感器

### 外形尺寸和管脚名称

OEM 压力传感器 AMS 5935 的外形是双立直插形式，便于在 PCB 电路板上的安装。同时 AMS 5935 还有一种 O 型圈法兰安装形式的，它们的外形尺寸和管脚名称见图 9 和图 10。

#### Pinout and pressure connection:

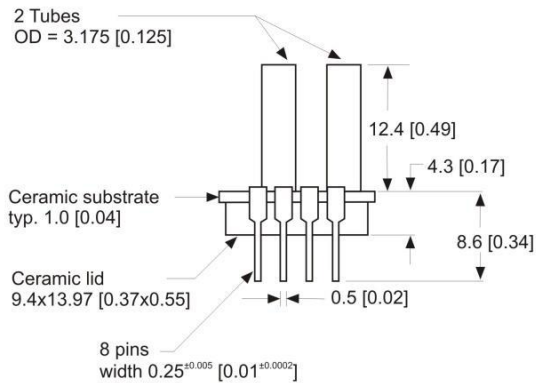
##### Differential types:



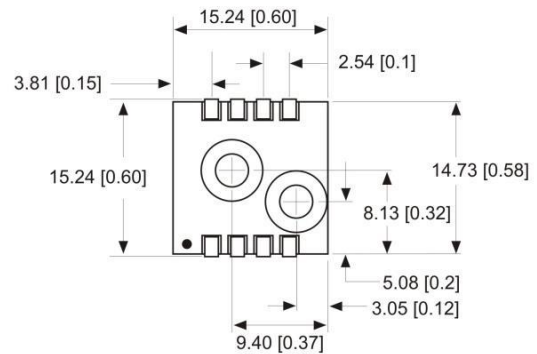
Pin	Description
1	GND
2	VCC
3	SDA/MOSI
4	SCL/SCLK
5	EOC
6	MISO
7	N.C.
8	SS

#### Package dimensions:

##### Side view :



##### Top view :



all dimensions in mm [inch], tolerances:  $\pm 0.1$  mm unless otherwise noted

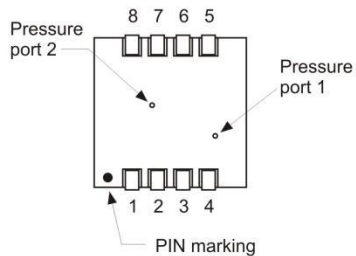
图 9: 管脚名称和外形尺寸 (带金属管压力端口) (所有图示尺寸单位是毫米和英寸)

# AMS 5935

## 带有放大的数字 (I<sup>2</sup>C) 输出的 OEM 压力传感器

### Pinout and pressure connection:

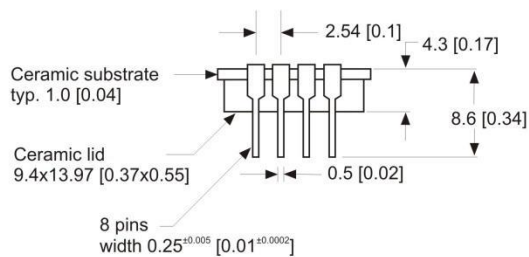
#### Differential types:



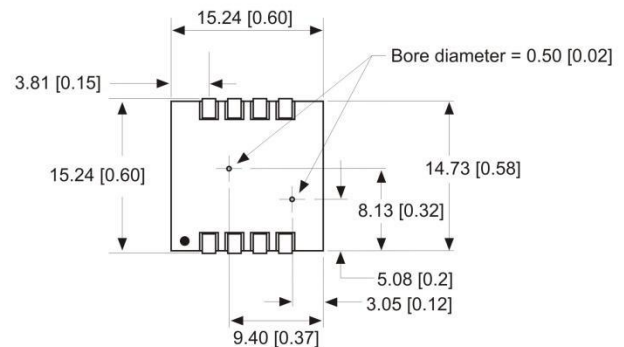
Pin	Description
1	GND
2	VCC
3	SDA/MOSI
4	SCL/SCLK
5	EOC
6	MISO
7	N.C.
8	SS

### Package dimensions:

#### Side view :



#### Top view :



all dimensions in mm [inch], tolerances:  $\pm 0.1$  mm unless otherwise noted

图 10: 管脚名称和外形尺寸 (O 型圈法兰安装式, —N) (所有图示尺寸单位是毫米和英寸)

### 注意事项 (图7和图8) :

1. 除引脚7外, 未使用的引脚必须保持未连接状态。
2. 可以根据要求提供带SMD引脚 (J引脚) 的封装
3. 可以根据要求提供带有一个金属管的传感器, 比如表压。
4. 压力端口2是向硅压阻传感元件的背面施加压力, 因此可以与非腐蚀性液体兼容。参见电气参数的注意事项8.9。
5. 对于AMS 5935的自动焊接 (无铅波峰焊或回流焊), 建议最高温度为250°C, 最长20到30秒。

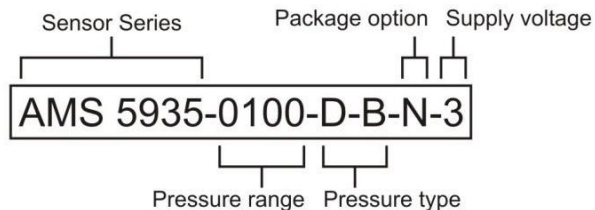


# AMS 5935

## 带有放大的数字 (I<sup>2</sup>C) 输出的 OEM 压力传感器

### 订货方法

订货代码:



压力测量范围:

压力范围代码	mbar	Pa	PSI	inH <sub>2</sub> O (水位英寸)
0001	1.25	125	0.018	0.501
0002	2.5	250	0.036	1.003
0005	5	500	0.073	2.007
0010	10	1000	0.145	4.014
0020	20	2000	0.290	8.029
0035	35	3500	0.507	14.051
0050	50	5000	0.725	20.073
0100	100	10000	1.450	40.146
0200	200	20000	2.901	80.293
0350	350	35000	5.076	140.512
0500	500	50000	7.250	200.732
1000	1000	100000	14.50	401.463
1200	1200	120000	17.40	481.756
1500	1500	150000	21.75	602.195
2000	2000	200000	29.01	802.926

表 6: 压力测量范围

压力类型代码	可测量的压力范围
D 单向差分压力 / 表压	0 ... 2.5 mbar 至 0 ... 1 bar
D-B 双向差分压力	-1.25 ... +1.25 mbar 至 -1 ... +1 bar
A 绝压	0 ... 500 mbar 至 0 ... 2 bar
B 大气压力 (绝对)	700 ... 1200 mbar

压力类型代码	封装形式	可测量的压力范围
	标准封装 (带金属管)	-1.25 ... +1.25 mbar to 0 ... 2 bar
N	法兰安装 (无金属管)	-1.25 ... +1.25 mbar to 0 ... 1 bar

压力类型代码	电源	可测量的压力范围
3V	3.0 ... 3.6 V, typ. 3.3 V	所有压力范围

### 附件:

AMS 5935 有一个操作设备 USB Starter Kit 和操作软件。该设备通过 USB 接口与 PC 机连接, 进行简单的数字输出的操作。借助于操作设备可以编写传感器各自独立的 I<sup>2</sup>C 地址。这样可以同时允许多个 AMS 5935 系列的压力传感器连接在同一个 I<sup>2</sup>C 总线上。

订货代码	描述
USB Starter-Kit AMS 5935	AMS 5935- Starter-Kit (2 个 PCB 电路板和 1 个运行软件)

以上资料仅供参考