

**编号 AN1010:**

**0,5...4,5V 压力传感器的电流输出(4...20mA)**

**Current loop output (4...20mA) of a 0,5...4,5V  
presstransmitter**

**将输出为0,5...4,5V,工作电压为5V的压力传感器信号通过电流转换接口集成电路 AM462(工作电压 24V)转换成工业标准输出 4...20 mA**

根据不同的条件比如位置大小,所需费用,精度等,有一些不同的方法,将一个信号输出为 0,5...4,5V 的传感器转换成工业标准电流输出 4...20mA。有关采用分立元件和运算放大器的应用文章都有很多报道,但它们都依赖于较复杂的开发和较多的费用。在下面的文章中通过一个示范性\*的压力传感器信号转换电路,它仅用一个集成电路 AM462 来说明上述提到的与分立元件的不同和优点。整个电路只用很少的元件和较低的成本,就把传感器输出的电压信号(0,5...4,5V)转换成了工业标准三线制(也可以二线制)的电流输出(4...20mA)。

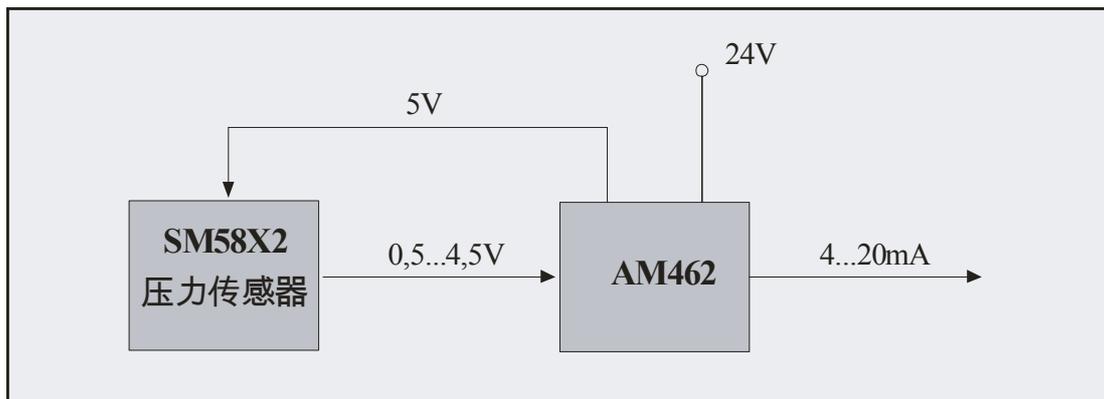


图 1: 应用举例 - 电路原理图

\*应用举例只是示范性的,也可以将压力传感器换成任意其它的测量仪器,只要是输出电压为 0,5...4,5V 即可。

## 压力传感器系列 MS58X2

本文所使用的压力传感器是一种型号为 MS58X2 的压力传感器系列(见图 2),该系列是由 Silicon-Microstructure 公司生产,由美茵茨的 AMSYS 公司销售的。

**上海芸生微电子有限公司 Analog Microelectronics GmbH**

通讯地址:上海108 - 009信箱邮编: 201108

An der Fahrt 13, D - 55124 Mainz

电话/传真: 021 - 22816948/33586462

Telefon: +49 (0)6131/91 073 - 0 1/4

Telefax: +49 (0)6131/91 073 - 30

网址: [www.sym-china.com](http://www.sym-china.com)

Internet: <http://www.analogmicro.de>

E-Mail: [zzhyyun@quomai.sh.cn](mailto:zzhyyun@quomai.sh.cn)

E-Mail: [info@analogmicro.de](mailto:info@analogmicro.de)

**编号 AN1010:**

**0,5...4,5V 压力传感器的电流输出  
(4...20mA)**

**Current loop output (4...20mA) of a 0,5...4,5V  
presstransmitter**

压力传感器 MS58X2 由一个扩散硅压力应变电阻式测量元件和一个信号检测放大集成电路组成。该集成电路除了将信号放大外还具有温度补偿和校准电压输出为 0,5V（最小值）到 4,5V（最大值）的功能。测量元件和集成电路是通过厚膜电路方式安装在陶瓷基板上并用一个致密的陶瓷盖密封，以防止外部环境压力的影响。MS58X2 系列压力传感器除了 DIL 封装外还可提供 SMD 贴片式封装的压力传感器，同时 MS58X2 系列压力传感器可提供很多不同种类的压力接头。

针对不同的温度和不同的压力测量，传感器的温度补偿(温度范围 0 至 70°C)和校准都是在生产过程中完成的。压力传感器允许的压力测量范围是 10mbar 至 6,8bar，在此压力范围内，可以进行有差分压力、相对压力和绝对压力的测量，基本上满足了极大多数的应用领域。

本文所应用的压力传感器是 MS5812-015-G，它可以测量相对压力 15PSI（1,0bar）

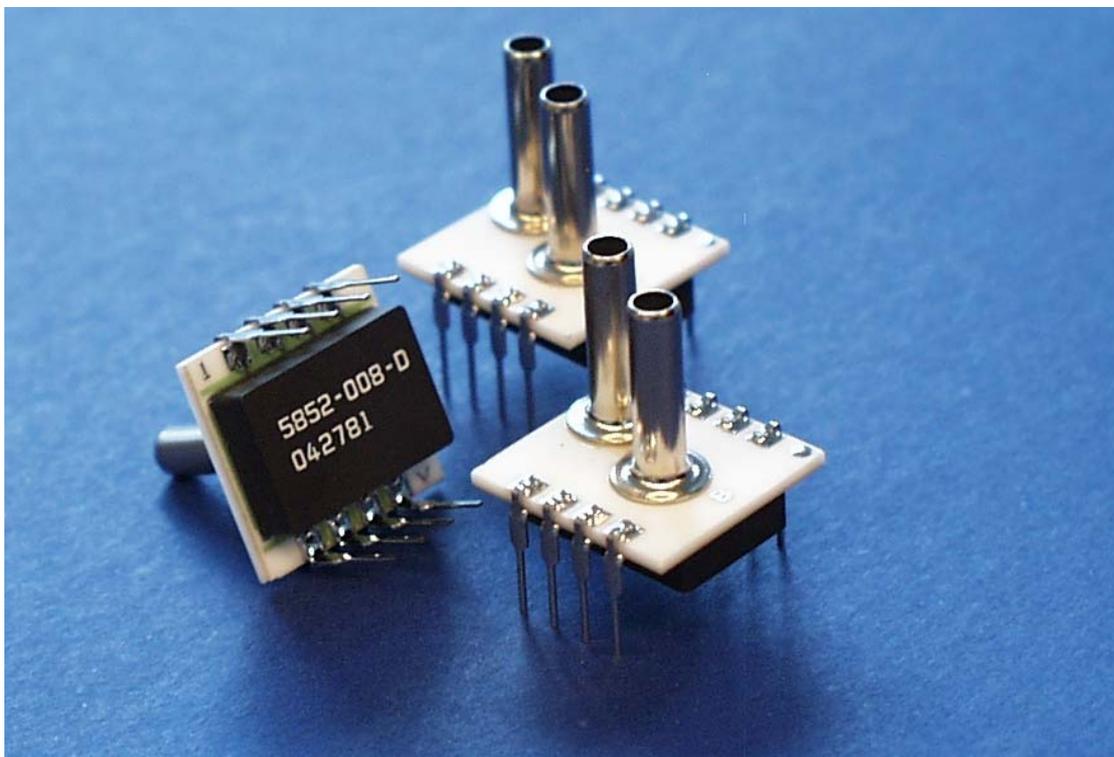


图 2 SM58X2 系列压力传感器

**编号 AN1010:**

**0,5...4,5V 压力传感器的电流输出  
(4...20mA)**

**Current loop output (4...20mA) of a 0,5...4,5V  
presstransmitter**

**电压/电流转换芯片 AM462**

Analog Microelectronics 公司设计生产的芯片 AM462(见图 3) 是一个带有一系列的附加功能和保护功能的多级放大电路。该芯片由相互独立的功能模块组成, 这些功能模块都通过相应的管脚引出。每个功能模块是独立的, 可以单独工作或根据相应的应用进行组合。

AM462 的功能模块:

1. 放大级

放大电路 (OP1) 适用于单端接地输入信号, 电压范围为 0 至 5V。放大倍数可由外部电阻进行调整。在合适的负载下, 放大电路的输出可以调至为零。OP1 是有电压输出限制的, 这是因为当有过载电压输入时可以对后一级电路 进行保护。

2. V/I 转换级

V/I 转换电路把输入电压转换成从 0 至 20mA 可自由调节的输出电流。在这里转换电路的输出端控制着一个外接三极管 (见图 4)。该三极管的作用是承担整个电路的耗散功率。通过两个外接的分压电路实现输出电流从零到电流满度值之间的调整。

3. 参考电压源

AM462 的参考电压源可以给外部器件 (比如, 传感器, 微处理器等) 供电。参考电压的值  $V_{REF}$  可以通过管脚  $VSET$  来调整。当管脚  $VSET$  没有接地的时 候,  $V_{REF}=5V$ ; 当管脚  $VSET$  接地时,  $V_{REF}=10V$ 。也可以通过两个外接电阻 (在 管脚  $VREF$  和管脚  $VSET$  之间以及管脚  $VSET$  和地  $GND$  之间) 调节, 得到 0 到 10V 之间的电压值。

4. 附加运算放大器

这个附加的运算放大器 (OP2) 可以作为供给外部器件的电流源和电压源来 使用的。由于 OP2 的正向输入端接在内部电路的固定  $V_{BG}$  电压上, 所以输出 电流和输出电压可以通过一个或两个外接电阻在较大的范围内调节。该放大 电路的输出端最大可提供 10mA 的驱动电流。

除此以外, 芯片还有一个对于放大电路 (OP1) 的电压过载保护, 一个在整个工 作电压范围内对于输出级 (V/I 转换器) 的极性保护, 一个电流输出限流保 护, 该限流功能可保护芯片免于损坏。整个输出级用了很少的外接元器件就实现了多 种保护。

编号 AN1010:

# 0,5...4,5V 压力传感器的电流输出 (4...20mA)

## Current loop output (4...20mA) of a 0,5...4,5V presstransmitter

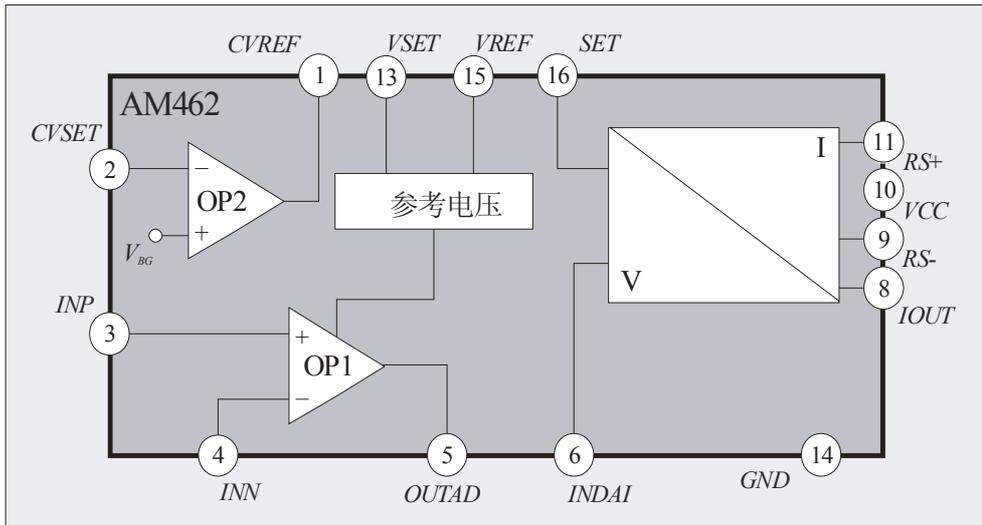


图 3.: 电压/电流转换芯片 AM462 的电路图

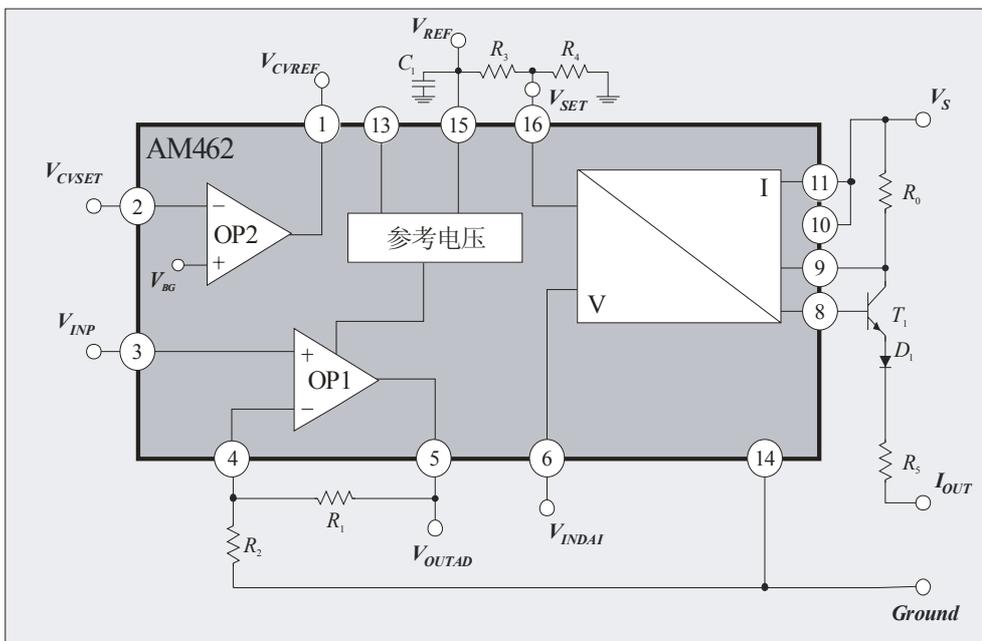


图 4: 实际应用电路举例

编号 AN1010:

## 0,5...4,5V 压力传感器的电流输出 (4...20mA)

Current loop output (4...20mA) of a 0,5...4,5V  
presstransmitter

AM462 不仅能用于二线输出，也可以用于三线输出。

### 使用说明

输出为 0,5-4,5V 的压力传感器 SM5812 可以转换成三线的输出为 4-20mA 的电流信号。工作电压为 24V。负载电阻为 600Ω。

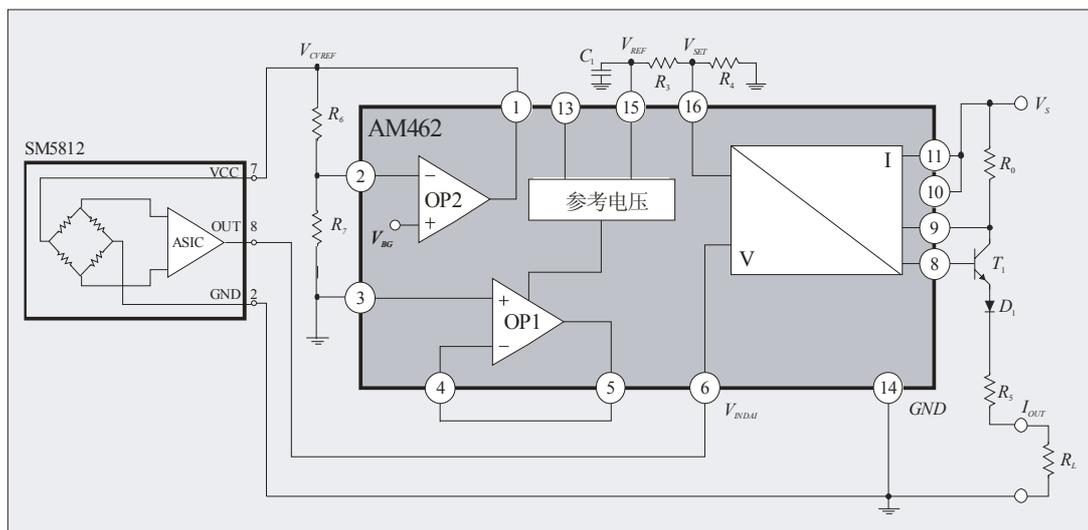


图 5：工业标准的电流输出应用举例

### 调试方法

在最大压力值  $P=P_{max}=15\text{PSI}$ ，压力传感器输出电压满度值为 4,5V 的情况下，输出电流满度值 ( $I_{OUT}=20\text{mA}$ ) 由电阻  $R_o$  来调整（见图 5）。在  $R_o$  确定的同时，也得到了在压力传感器的最小输出值 (0,5V，最小压力值  $P=P_{min.}=0\text{PSI}$ ) 下的电流输出。为了达到希望的 4mA 的电流输出，上述的最小电流还必须加上附加电流  $I_{SET}$ 。附加电流依赖于  $R_3, R_4$  和  $R_o$ 。这就意味着，只要调整  $R_o, R_3$  和  $R_4$  ( $I_{SET}$ )，整个电路也就确定下来了。除了电压电流转换，芯片 AM462 还通过附加的 OP2 给压力传感器提供 5V 工作电压，这样就省下一个外加的三端电压稳压器。该电压将通过外接的分压电阻 ( $R_6$  和  $R_7$ ) 来调节。

## 编号 AN1010:

# 0,5...4,5V 压力传感器的电流输出 (4...20mA)

## Current loop output (4...20mA) of a 0,5...4,5V presstransmitter

### 元器件选择

有关详细的计算公式和推导在本文中被省略。相关信息可在 Analog Microelectronics 公司产品说明或在网址上<http://www.analogmicro.de> 找到。

图 5 中的外接元件  $D_1$ ,  $T_1$ ,  $C_1$  和  $R_5$  是按照 AM462 产品说明资料给出的:

- 电阻  $R_5$ : 39  $\Omega$
- 电容  $C_1$ : 2,2  $\mu\text{F}$
- 晶体管  $T_1$ :  $\beta_F \geq 50$ ,  $V_{CE} \geq 35 \text{ V}$  (例如 BCX54/55/56)
- 二极管  $D_1$ :  $V_{BR} \geq 35 \text{ V}$  (例如 1N4148)

在应用例子中其它的电阻  $R_0$ ,  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_6$  和  $R_7$  将在下面进一步确定。

### $R_0$ 的确定

按照 AM462 产品说明中的公式 11, 通过输出端得到的输出电流变化  $\Delta I_{OUT}$  和在 V/I 转换电路输入端得到的电压变化  $\Delta V_{INDAI}$  可以算出电阻  $R_0$ :

$$\Delta I_{OUT} = \frac{\Delta V_{INDAI}}{8R_0} \Rightarrow R_0 = \frac{\Delta V_{INDAI}}{8\Delta I_{OUT}} \Rightarrow R_0 = \frac{4,5V - 0,5V}{8(20mA - 4mA)} = 31,25\Omega$$

### $R_3$ 和 $R_4$ 的确定

按照 AM462 产品说明中的公式 2 可以算出最小输出电流  $I_{OUTmin}$ , 此时的输入信号为 0,5V。

$$I_{OUT} = \frac{V_{INDAI}}{8R_0} + I_{SET} \quad \text{mit } I_{SET} = 0 \quad \Rightarrow I_{OUTmin} = \frac{V_{INDAImin}}{8R_0} = \frac{0,5V}{8 * 31,25\Omega} = 2mA$$

为了得到输出为  $I_{OUT}=4mA$  的电流, 电流  $I_{OUTmin}$  必须再加上  $I_{SET}=2mA$ 。电流  $I_{SET}$  通过分压电路来调节, 分压电路由电阻  $R_3$  和电阻  $R_4$  组成。电阻  $R_3$  和电阻  $R_4$  的比例关系可由 AM462 的产品说明中的公式 5 算出。

$$\frac{R_3}{R_4} = \frac{V_{REF}}{2R_0 I_{SET}} - 1 \Rightarrow \frac{R_3}{R_4} = \frac{5V}{2 * 31,25\Omega * 2mA} - 1 = 39$$

按照 AM462 产品说明中的元器件取值范围,  $R_4$  可确定为 1k $\Omega$ 。因此可得到  $R_3$  为 39 k $\Omega$ 。

## 编号 AN1010:

# 0,5...4,5V 压力传感器的电流输出 (4...20mA)

## Current loop output (4...20mA) of a 0,5...4,5V presstransmitter

### R<sub>6</sub> 和 R<sub>7</sub> 的确定

按照 AM462 产品说明中的公式 10, 附加放大器电路 OP2 可以以简单的方式变为参考电压源来为压力传感器提供 5V 的工作电压。

$$V_{CVREF} = V_{BG} \left( 1 + \frac{R_6}{R_7} \right) = 1,27V \left( 1 + \frac{R_6}{R_7} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{R_6}{R_7} = \frac{5V}{1,27V} - 1 \approx 2,94$$

考虑到所需的电流大小, 选择电阻 R<sub>7</sub> 为 16kΩ。因此 R<sub>6</sub> 为 47 kΩ

电阻 R<sub>5</sub>=39Ω 是保护电阻, 它在短路的情况下起稳定作用。当输出端和电源线以及地线相互接反时, 二极管 D1 的作用是保护外接三极管。

在元器件选择时, 没有考虑集成电路的一致性偏差, 但该误差相对于压力传感器的误差几乎可以忽略。

### 结果

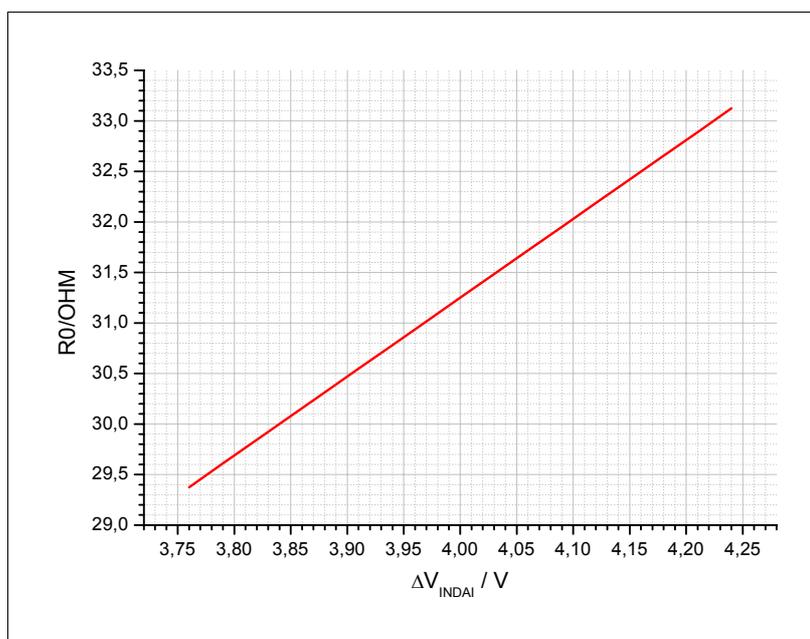


图 6: R<sub>0</sub> 与  $\Delta V_{INDAI}$  的关系

图 6 表明了电阻 R<sub>0</sub> 和压力传感器的输出电压的差值

$\Delta V_{out} = \Delta V_{INDAI}$  的关系。

这就意味着, 电阻 R<sub>0</sub> 可以调整传感器输出信号的偏差, 也就是改善了传感器的精度。在公式里求 R<sub>0</sub> 用的不是 4,5-0,5V 而是测量值  $\Delta V_{INDAI}$ 。

编号 AN1010:

## 0,5...4,5V 压力传感器的电流输出 (4...20mA)

Current loop output (4...20mA) of a 0,5...4,5V  
presstransmitter

图 6 的曲线对于输出电流在 4 到 20mA 的范围内有效。

### 精度

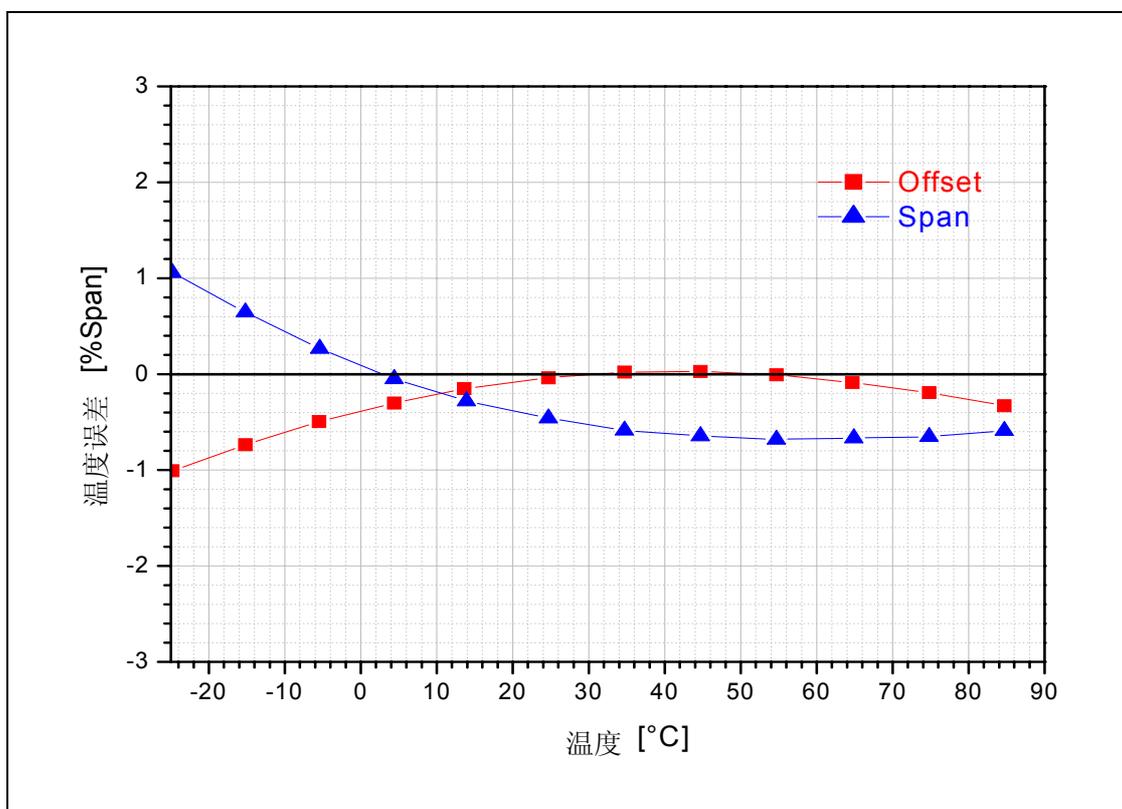


图 7: SM5812 在 $-25^{\circ}\text{C}$ ... $+85^{\circ}\text{C}$  的范围内的温度漂移

图 7 是压力传感器 SM5812 与温度的关系。其中与温度有关的零点温度漂移 Offset (TCO) 和灵敏度温度漂移 Span (TCS) 都以相同单位画出。在 $-25^{\circ}\text{C}$ ... $+85^{\circ}\text{C}$  的范围内零点温度漂移 Offset 为 0,01%FS/K, 灵敏度温度漂移 Span 为 0,017% FS/K。

图 8 是压力传感器和 AM462 组成的系统对于温度变化的曲线。测量结果指出了附加电路 AM462 对温度漂移没有太大的影响。在 SM5812+AM462 的组合系统下, 在温度变化超过  $100^{\circ}\text{C}$  时温度漂移大约为 1,5%(0,015%/°C)。

编号 AN1010:

## 0,5...4,5V 压力传感器的电流输出 (4...20mA)

Current loop output (4...20mA) of a 0,5...4,5V  
presstransmitter

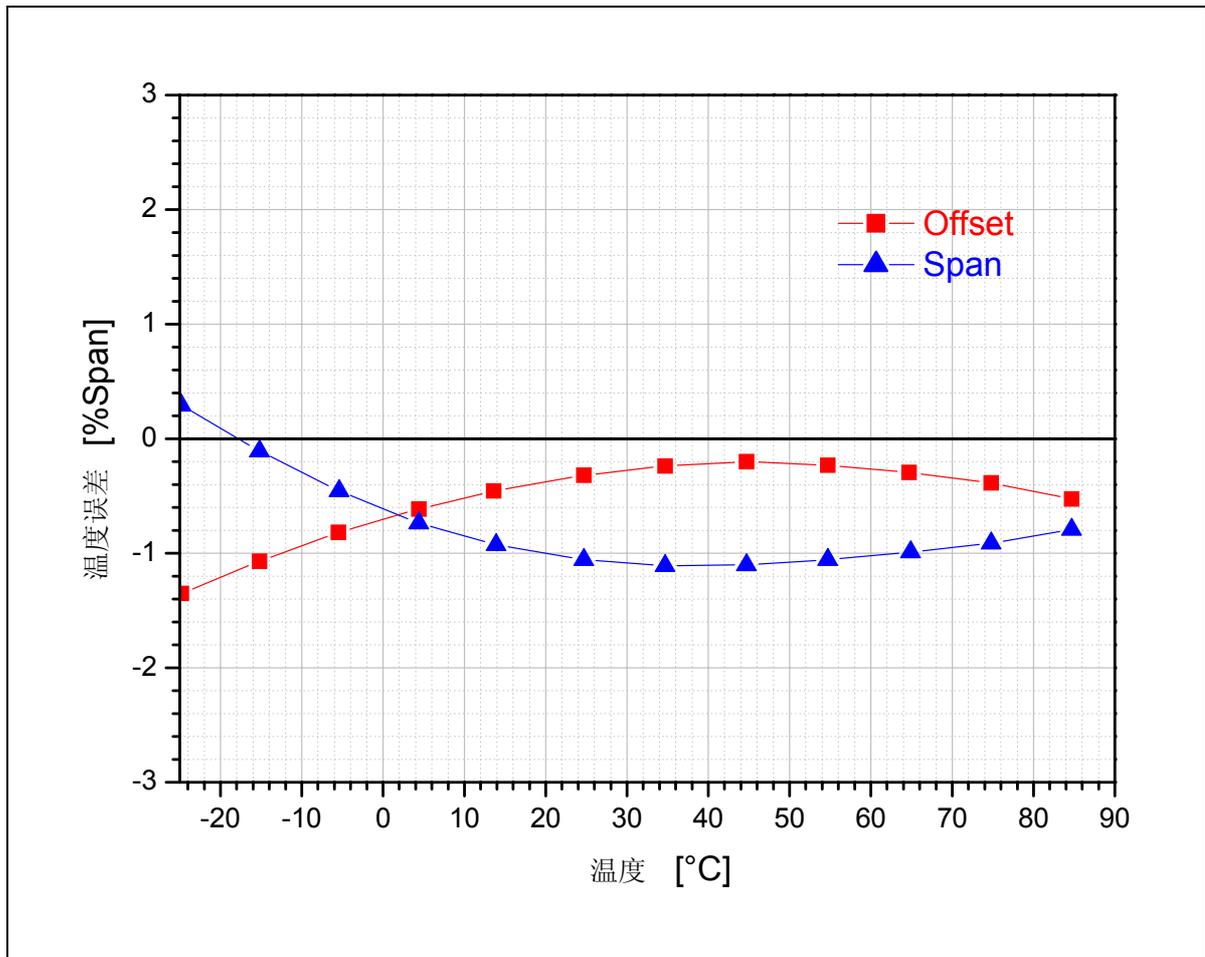


图 8: SM5812 和 AM462 组合系统在 $-25^{\circ}\text{C}$ ... $+85^{\circ}\text{C}$  的范围内在温度漂移

关于压力传感器本身的偏差，比如传感器零点偏差在 $(0,5\pm 0,02\text{V})$ 之间的可以通过调整零点输出电流(4mA)来校准，传感器满度输出偏差在 $(4\pm 0,08\text{V})$ 之间的可以通过  $R_0$  来校准。最终的综合误差与调节的精度和使用的电阻温度系数有关。

通过选择一个低温漂的电阻  $R_0$  和一个稳定的 5V 传感器工作电源，可以显著提高整个系统对于温度变化时的精确度。

**编号 AN1010:**

**0,5...4,5V 压力传感器的电流输出  
(4...20mA)**

**Current loop output (4...20mA) of a 0,5...4,5V  
presstransmitter**

**总结**

有很多的方法来测量一个压力，同时将之转换成工业标准的电流输出。本文给出了一种方法，既通过一个专用集成电路 AM462 把一个 0,5...4,5V 系列的压力传感器输出信号转换成一个工业标准的 4...20mA 电流信号（二线制或三线制）。本文介绍的系统有着明显的优点，就是借助于应用 AM462 芯片能够简单地调整绝对误差。其次，所提出的方案由于高度集成的放大电路 AM462 而只需很少的外部元件，这样就更加适用于低成本和小型化的生产。

参考资料:

<http://www.amsys.de>

<http://www.analogmicro.de>

相关主题:

<http://www.amsys.de/products/analog.html>

<http://www.analogmicro.de/german/standard/index.html>