

AM401 专业文章：采用专用集成电路制成的温度变送器

LKM 电子公司[1]提出要求，要设计生产一个模拟电压输出 0...10V 的室内温度变送器。从技术和费用上考虑，采用一个半导体温度传感器和一个信号处理专用集成电路来制成一个温度变送器较为合理。下面的文章介绍如何用较少的元器件制成这样一个温度变送器的。

温度传感元件

这里采用的温度传感元件是美国国家半导体公司生产的半导体温度传感器 LM60 [2]。该传感器是一种已校准的集成化的温度传感器，它的工作温度范围是-40 至 125°C，工作电压范围在 2.7 至 10V 之间。信号输出与温度成正比，信号大小可达+6.25mV/°C。它的零点输出为 425mV，这样也就可以测量负温度，整个信号输出从 174mV 到 1.205V，温度范围对应的是-40 至 125°C。

信号处理电路

原则上有二种信号处理方法，分立元件和专用集成电路。

考虑到工业上的应用要求，此类信号处理电路需要一个可调增益的线性放大器用于放大，一个电压输出级输出 0 到 10V，一个参考电压源，还有用于短路和极性错接的保护电路。如果采用分立元件的话会有明显的缺点：

- **消耗电流：**一个由很多分立元器件制成的电路在工作电压 24V 情况下大约需要 5mA 的电流。如果温度传感器是放在几乎封闭的外壳内部，那么这个电路本身的热量 120mW 就不能被忽略了。由于设计方面的原因已经排除了加大外壳的尺寸和开口以及把传感器探头放到外面的方案。
- **开发费用：**由于缺少一些标准元器件的应用支持，使得开发时间大为延长。短路和极性错接的保护电路需要增加另外的元器件。运算放大器的可调性和供电电压（轨对轨）的要求不是每个型号都可能行的。
- **费用和采购：**大量的元器件提高了采购的费用。线路板上大量元器件的安装焊接所需化费和差错出现几率都远大于采用专用集成电路。

可以有足够的理由来采用专用集成电路。该专用集成电路可以采用 Analog Microelectronics GmbH (AMG) 公司[4]提供的电压转换集成电路 AM401[3]。

信号处理电路 AM401

AMG 公司提供的 AM401 是一个带有附加功能和电路保护功能的信号放大集成电路，它完全适合上述的各项条件。

用 AM401 所制成的电路有以下的特点：

- **消耗电流：**整个电路在工作电压 24V 情况下大约只需要 1mA 的电流。与传统的电路相比该电路的散热对温度传感器的影响几乎可以忽略。

AM401 专业文章：采用专用集成电路制成的温度变送器

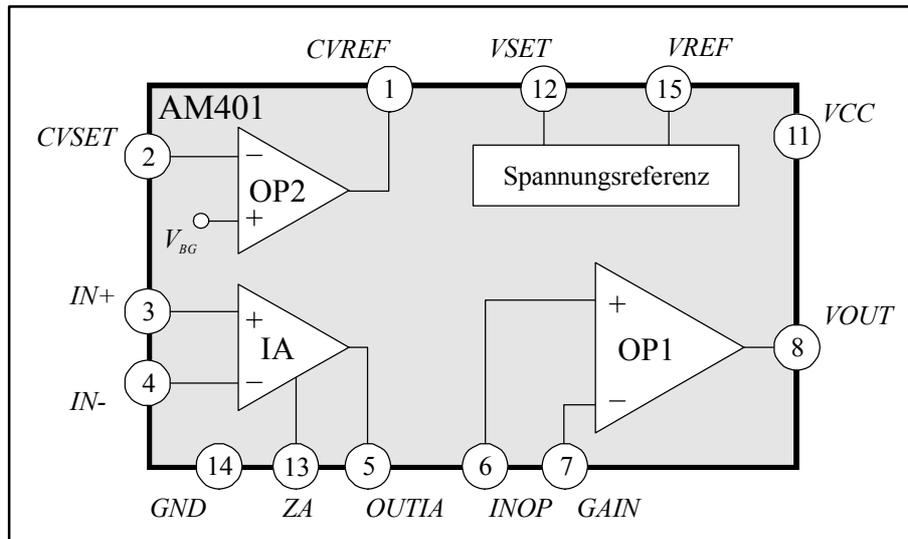


图1: AM401 的电路方框图

- **开发费用:** 根据 AM401 的产品说明书[3]和其中的具体计算例子可以很快地设计开发出应用电路。集成电路 AM401 本身具有极性保护和输出短路保护的功能，又可以输出几乎为零的零点信号。由于很少的外围元器件使电路板的设计同样很快就可完成。
- **费用和采购:** 因为只需要少量的元器件，使得库存和采购的费用降低了。安装生产的费用同样也减少了。元器件的减少使得整个产品的可靠性大为提高。

AM401 介绍

AM401 是一个电压信号放大转换集成电路，既可以处理电桥式差分信号也可以处理单端接地电压信号，AM401 的开发是为了给电路开发工程师提供一个工业上多用途的模拟信号处理电路。

通过改变少量的外接元器件就可以使 AM401 的输出电压在一个较大的范围内调整。AM401 方框图中的各个功能模块都是独立的，可以分开作为独立单元使用。在应用举例中可以看到，如何通过外接元器件将各个功能模块连接起来，通过运用 AM401 上的各个独立模块，代替了许多分立元器件，使 AM401 成为一个多用途的集成电路。如何选取外接的元器件可以在 AM401 的产品说明书[3]中获得。

AM401 的功能模块介绍 (图 1):

1. 作为差分信号输入级的仪表放大器 (IA)，内置固定增益 $G_{IA} = 5$ 。由于 AM401 的独特设计它的共模抑制比 (CMRR) 较高。仪表放大器的输出偏置电位可以通过管脚 ZA 在电路外面调整。在输出电位 $V_{ZA} > 0$ 的条件下，在管脚 OUTIA 的输出电压 V_{OUTIA} 可计算如下：

$$V_{OUTIA} = G_{IA} V_{IN} + V_{ZA} \quad \text{其中 } V_{OUTIA} > 0 \quad (1)$$

这里 V_{IN} 是仪表放大器的正和负两个输入端 IN+ 和 IN- 的差分输入信号， V_{ZA} 是管脚 ZA 上的电压。

2. 跟在后面的运算放大器 (OP1) 可以对来自仪表放大器的信号再一次进行放大。它的放大倍数可以通过外接的二个电阻 R_1 和 R_2 来调节。在管脚 VOUT 的输出电压 V_{OUT} 可计算如下：

AM401 专业文章：采用专用集成电路制成的温度变送器

$$V_{OUT} = V_{INOP} \cdot G_{GAIN} \quad \text{其中} \quad G_{GAIN} = \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) \quad (2)$$

这里 V_{INOP} 是运算放大器 OP1 在管脚 INOP 上的电压。作为一种应用，OP1 的输入端 INOP 也可以用于输入为单端接地的电压信号。OP1 作为输出级具有极性保护功能和输出短路保护功能（输出电流限制）。

3. AM401 的参考电压源可以为外接元器件（比如传感器，微处理器）提供工作电源。电压源的电压 V_{REF} 可以通过管脚 $VSET$ 调整。如果管脚 $VSET$ 空着，电压源的电压为 $V_{REF} = 5V$ ；如果管脚 $VSET$ 接地，则电压源的电压为 $V_{REF} = 10V$ 。也可以通过外接的二个电阻调节，使电压源的电压输出为它们之间的值。（电阻是接在管脚 $VREF$ 和管脚 $VSET$ 之间以及管脚 $VSET$ 和地 GND 之间）。
4. 附加的运算放大器（OP2）可以作为电流源或电压源来使用，也可以给外部的电路或元器件提供工作电源。OP2 的正输入端是接在电路内部的稳定电压 V_{BG} 上的，这样它的输出电流或者输出电压可以通过外接电阻在较宽的范围内来调节。

AM401 的工作电压根据信号输出电压的要求在 6...35V 之间。

温度传感器的输出端接在 AM401 的仪表放大器的正输入端（见图 2）。一个根据测量最低温度点

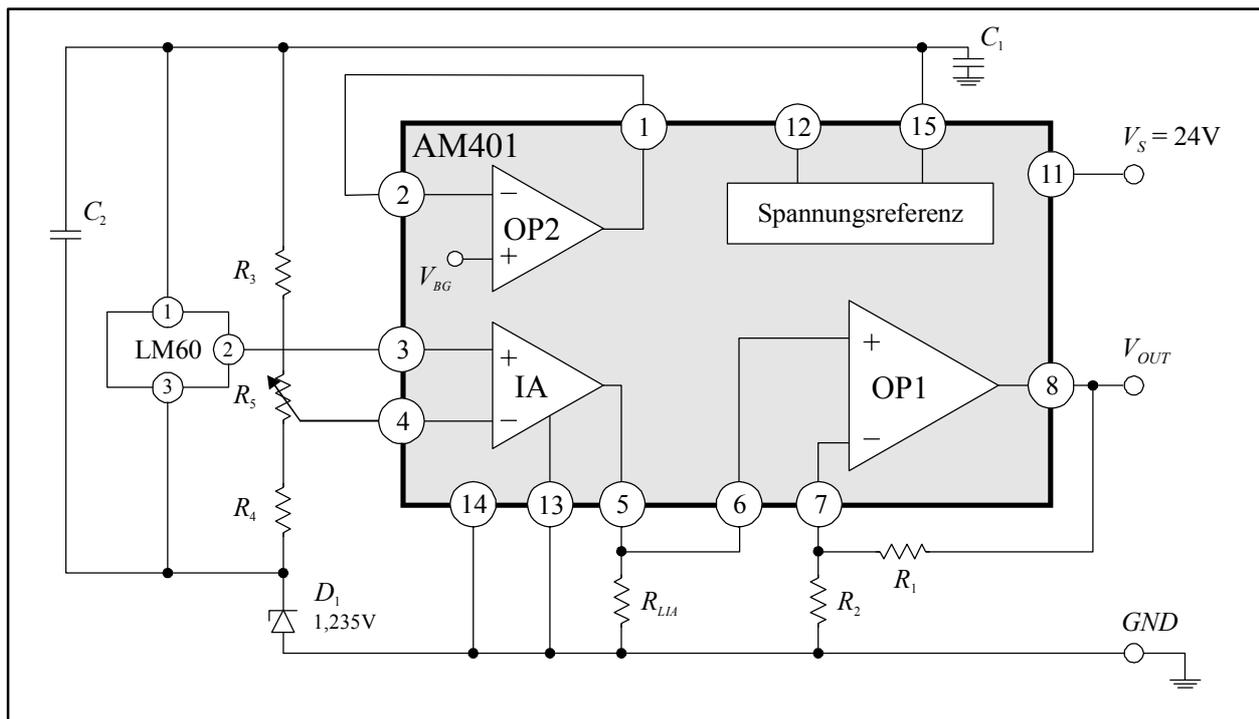


图 2: 室内温度变送器电路图

所相应的参考电压连接在仪表放大器的负输入端。由于 AM401 的共模输入电压范围 ($CMIR$) 的要求，温度传感器不可以直接接地，所以通过一个稳压二极管 $D1$ 产生的电压叠加在输入信号上。

根据测量最高温度点的电压输出要求，输出级的增益可通过电阻 R_1 和 R_2 来调整。AM401 的参考电压源为温度传感器提供电源。通过 R_5 可以进行零点偏置调整。当然调整电阻 R_1 和 R_2 也可以使输出电压成为其它的输出信号比如 0...1V。

整个完整的电路被装在一个可以墙上安装的面板盒子里（图 3）。

AM401 专业文章：采用专用集成电路制成的温度变送器

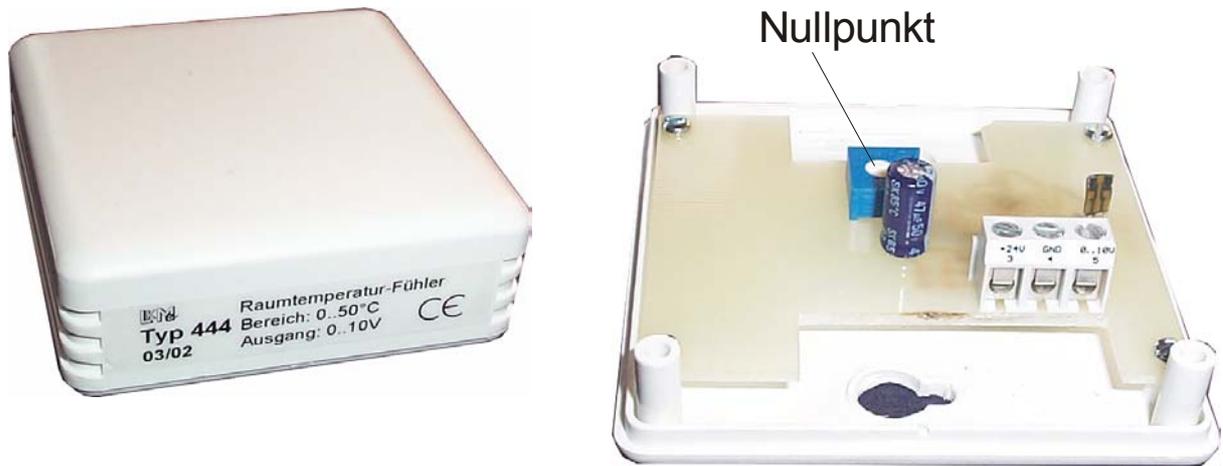


图 3: 室内温度变送器

测量结果

对制成的室内温度变送器进行测量。测量结果见图 4。在温度 2,5 至 50°C 范围内，最大误差为 0,8°C，满足了设计精度的要求。绝对误差曲线见图 5。

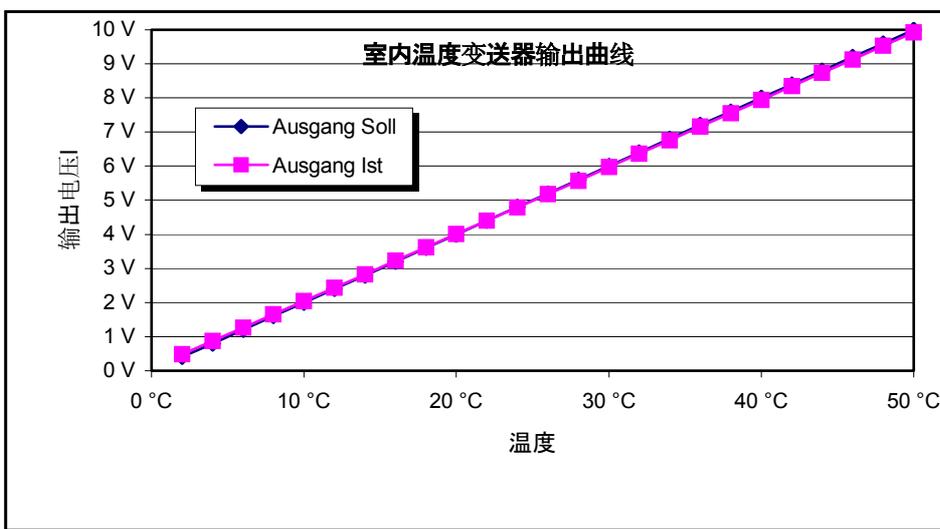


图 4: 室内温度变送器的输出曲线

结论

AMG 公司介绍了集成电路 AM401 的很多应用方法。与 LKM 电子公司合作开发的室内温度变送器已经投入生产并在批量生产中证明该方案是可靠的、成功的。本文举例说明了以前采用很多分立器件的电路现在完全可以用很少的集成化的电路来替代了。

AM401 专业文章：采用专用集成电路制成的温度变送器

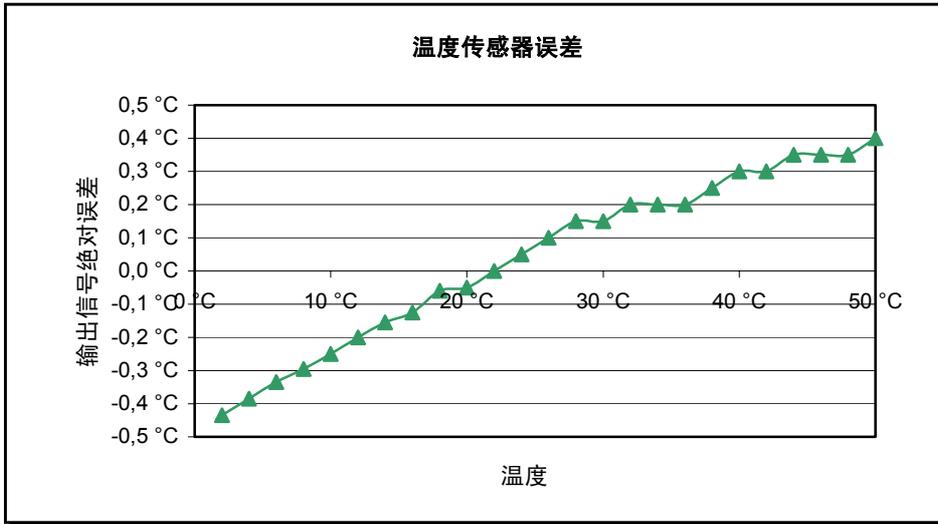


图 5: 室内温度变送器的绝对误差

参考文献

[1] LKM 电子公司的网址:

<http://www.lkmelectronic.de/>

[2] LM60 产品说明书:

<http://www.national.com/LM/LM60.html#datasheet>

[3] AM401 产品说明书:

<http://www.analogmicro.de/products/sheets/german/am401.pdf>

[4] AMG 公司的集成电路:

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