

## 将输入为0...5V的电压信号通过变送集成电路AM462转换成 工业标准二线制输出4...20 mA

### 任务的提出

需要将一个 0...5V 电压信号转换成工业标准的二线制 4...20 mA 电流传输信号（电流环）。如何在集成电路 AM462 的基础上对一个具有实际应用价值的电路进行调试校准，对希望达到的准确度（精度）人们应该要注意的问题是本文的主要内容。本文介绍了通常意义上的电流变送电路（电流环）和元器件调试的过程。通过具体的实验测量曲线介绍了可以达到的零点信号输出和满度输出的调试精度。

(本文 AN1015 对于电流变送输出的集成电路 AM460 和 AM452 同样有效)。

### 模拟信号的转换变送电路

尽管有大量的数字化通讯接口，对于工业测量技术来说仍然和以前一样，为了远距离传输需要将测量信号转换变送为一个合适的模拟标准信号。原因在于信号传递的方法简单实用，技术上是数字接口电路的极端简单化，还有就是模拟传输的成本优势。

原则上电压或电流都可以用来传递模拟信号。随着时间推移形成了一个行业标准，对于电压信号使用 0...5(10)V，对于电流信号使用 0(4)...20mA。人们在实际工作中会发现，很多测量仪器带有各自的输出信号值。常常会碰到这样的情况，为了要将信号连接起来，需要将电压变为电流或电流变为电压。

将电流变换成电压非常简单，仅仅是欧姆定律的应用。如果要将电压转换成电流就会变得复杂起来。

如果涉及到电磁干扰（电焊机，电动机，步话机等等），或者需要长距离传输信号（长的电缆），那么毫无疑问，电流传输信号将是非常好的一种方法[1]。经常是存在一个电压信号 0...5V，只要将它转换变送成相应的电流信号就可以了。

下文就具体介绍如何通过集成电路 AM462 将电压 0...5V 转换成二线制电流输出 4...20mA 的过程。

将输入为0...5V的电压信号通过变送集成电路AM462转换成  
工业标准二线制输出4...20 mA

电流信号传输(比如 4...20mA)

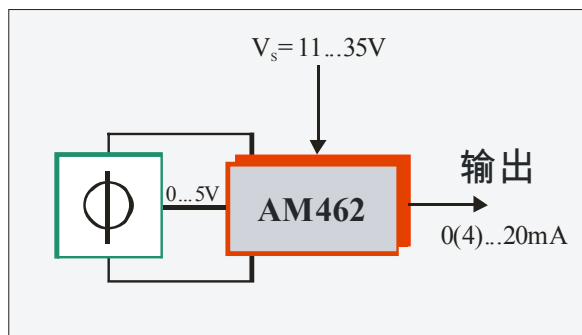


图 1: 电压电流转换

工业上通常应用的电流信号传输有二线制和三线制二种方法。由于二线制 4...20mA（又称为电流环）应用更为广泛一些，这里的介绍就详细一点。二线制和三线制区别见图 2 和图 3。

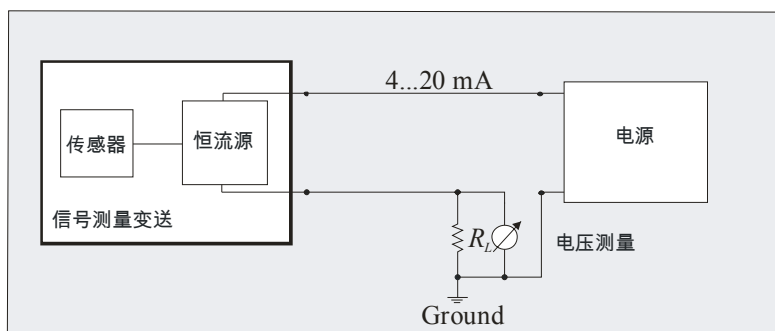
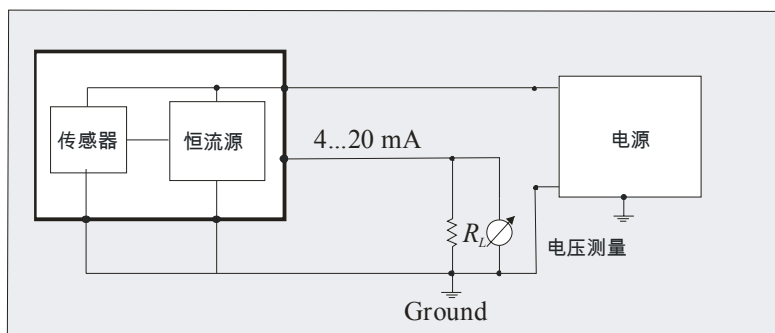


图 2: 二线制应用



将输入为0...5V的电压信号通过变送集成电路AM462转换成  
工业标准二线制输出4...20 mA

集成电路 AM462 介绍

AM462 [2] 是一个模块化的用于单端接地电压信号转换成工业标准电流输出的集成电路，它既可以用于二线制也可以用于三线制电流变送输出（图2和图3）。从图4中可以看到AM462的各个功能模块以及一些必要的外围元器件。

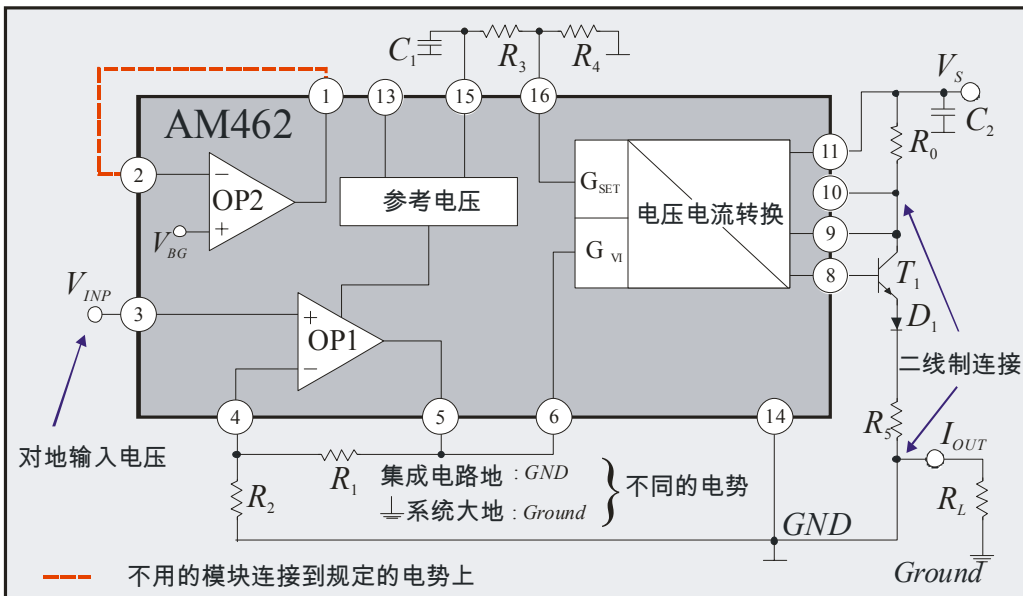


图4：AM462应用于二线制电流变送的典型电路

AM462是由几个独立的功能模块和少量的必要的外接元件组成（比如运算放大器，电压电流转换，参考电压源，参考电流源），它们可以通过外面电路连接组合使用也可以单独使用。

1. 运算放大器OP1可放大输入的单端接地的正电压信号（输入范围0...V<sub>CC</sub>-5V）。放大倍数G<sub>GAIN</sub>可通过R<sub>1</sub>和R<sub>2</sub>调整。该电路还具有过载保护功能，过载电压被限制在参考电压值上（5V或10V）。在管脚5OUTAD上的输出电压V<sub>OUTAD</sub>经计算为：

$$V_{OUTAD} = V_{INP} \cdot G_{GAIN} \text{ 和 } G_{GAIN} = 1 + \frac{R_1}{R_2} \quad (1)$$

此处V<sub>INP</sub>为在管脚3INP上的输入信号。

## 将输入为0...5V的电压信号通过变送集成电路AM462转换成 工业标准二线制输出4...20 mA

2. 电压电流转换级 U/I 在管脚 8IOUT 输出由电压控制的电流信号，该信号经过外接的三极管  $T_1$  的驱动输出电流  $I_{OUT}$ 。三极管  $T_1$  外接是考虑将电热耗散功率远离集成电路。二极管  $D_1$  是用于电源电压反接时保护电路不被损坏。通过管脚 16SET 可以调整输出电流的偏置  $I_{SET}$ （可借助于恒压源和电阻分压，见图 4）。外接电阻  $R_0$  也可以作电流输出的微调之用。通过三极管  $T_1$  驱动的输出电流  $I_{OUT}$  可通过下面关系算出：

$$I_{OUT} = \frac{V_{INDAI} \cdot G_{VI}}{R_0} + I_{SET} \quad \text{其中} \quad I_{SET} = \frac{V_{SET} \cdot G_{SET}}{R_0} \quad (2)/(3)$$

此处  $V_{INDAI}$  是在管脚6INDAI上的电压， $V_{SET}$ 是在管脚16SET上的电压

3. 参考电压源  $V_{REF}$  可以给外接的元器件或传感器或微处理器供电，最大输出电流可达 10mA， $V_{REF}$  通过管脚 13VSET 可调，输出 5V 或 10V 电压。
4. 附加的运算放大器 OP2 可以作为电流源或电压源来使用。OP2 的正相输入端接在内置的恒定电压  $V_{BG}$  ( $=1.27V$ ) 上，使输出的恒电流和恒电压通过一到二个电阻在较大范围内可调。

### AM462 的调试:

对电压信号0...5V转换变送为4..20mA，首先设定OP1为高输入阻抗的输入级（射极跟随器，放大增益为  $G_{GAIN} = 1$ ），U/I-转换模块将控制外接三极管输出电流，参考电压为零点偏置（4mA）提供稳定基准。

图5给出的实际应用电路。该电路的传递函数有公式(1)(2)和(3)得出：

$$I_{OUT} = V_{INP} \cdot \frac{G_{GAIN} \cdot G_{VI}}{R_0} + I_{SET} = V_{INP} \cdot \frac{G_{GAIN}}{8R_0} + I_{SET} \quad (4)$$

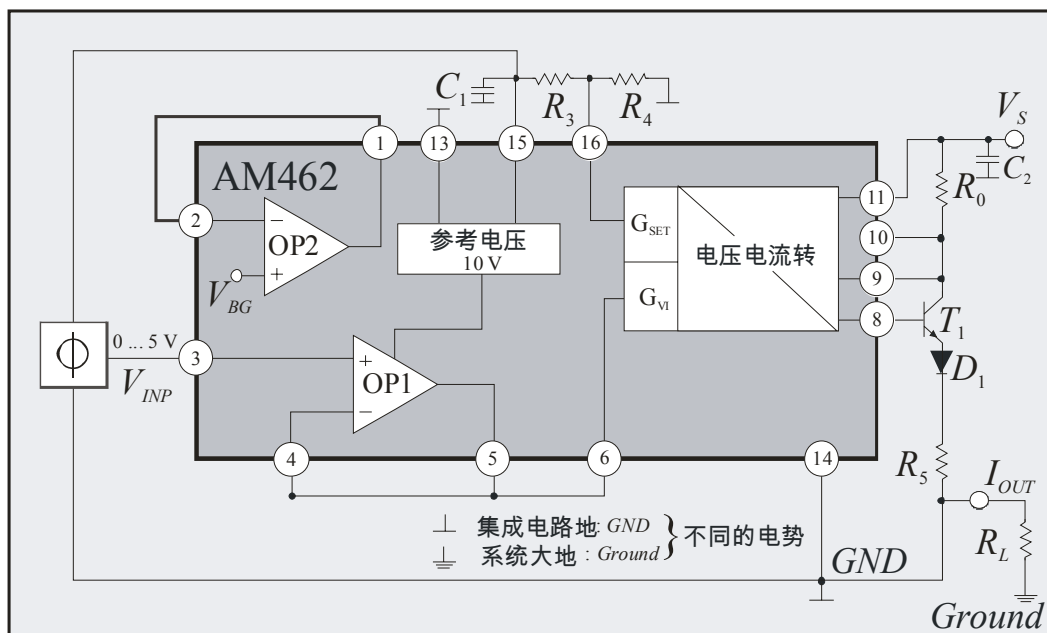
$$\text{其中 } I_{SET} = \frac{V_{REF} \cdot G_{SET}}{R_0} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} = \frac{V_{REF}}{2R_0} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} \quad (5)$$

将  $\Delta I_{OUT} = 16mA$ ， $\Delta V_{INP} = 5V$ ， $G_{GAIN} = 1$  和  $I_{SET} = 0$  代入(4)：

$$\Delta I_{OUT} = \Delta V_{INP} \cdot \frac{G_{GAIN}}{8R_0} \rightarrow R_0 = 39\Omega \quad (6)$$

用计算出的  $R_0$ ，参考电压  $V_{REF} = 10V$  和零点偏置  $I_{SET} = 4mA$  以及元器件选择条件  $200k\Omega \geq R_3 + R_4 \geq 20k\Omega$ ，通过公式(5)可以算出  $R_3$  和  $R_4$  的值。应注意尽可能让阻值大一些，以避免参考电压负载过大。取  $R_3 + R_4 = 84,7k\Omega$ ，得到  $R_3 = 82k\Omega$  和  $R_4 = 2,7k\Omega$ 。这样整个电路的零点和满度值就都调试好了。

将输入为0...5V的电压信号通过变送集成电路AM462转换成  
工业标准二线制输出4...20 mA



测量:

要求保证零点偏置  $I_{SET} = 4\text{mA}$ ，即当输入信号为 0V 时，U/I-电压电流转换模块控制外接三极管输出一个电流  $I_{OUT}$  为 4mA。条件是集成电路的工作电流，参考电压和运放 OP2（如果使用）的电流之和绝不可以大于 4mA。特别是既从参考电压源取得工作电流又与集成电路 AM462 共地（GND）的信号源，它的电流也一样要计算在内（图 5）。

在图 5 中，管脚 13(VSET)接地(GND)，参考电压  $V_{REF}$  输出 10V。这将要求整个电路的工作电源要大于  $\geq 11\text{V}$ 。

将输入为0...5V的电压信号通过变送集成电路AM462转换成  
工业标准二线制输出4...20 mA

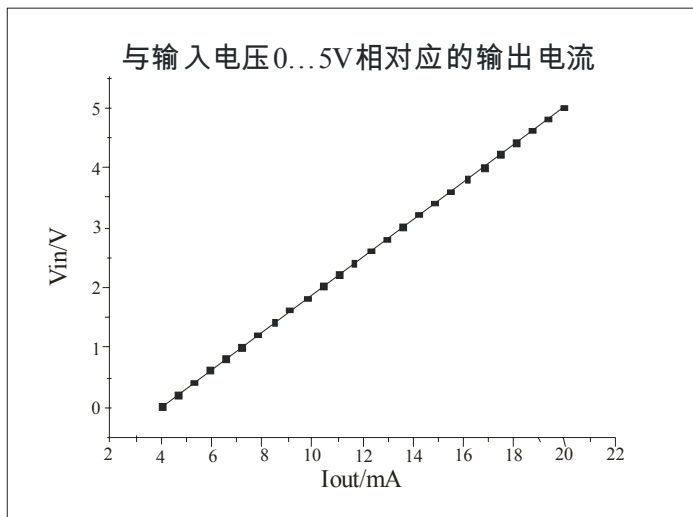


图 6: 输入输出实验曲线

图 6 是一个典型的测量曲线,  $I_{OUT} = f(V_{INP}) @ RT$  (常温) 和负载电阻  $R_L = 500\Omega$ 。为了让校准误差更清楚, 电流输出(20mA)误差 (%/FS) 在图 7 所示。

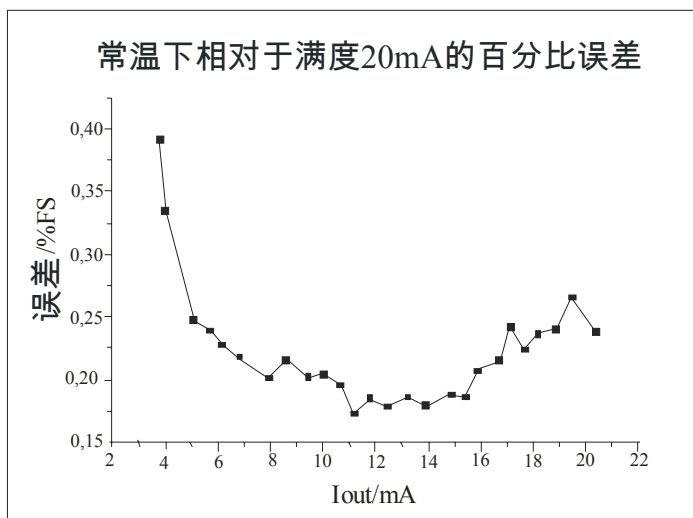


图 7: 校准误差 (%/FS)

将输入为0...5V的电压信号通过变送集成电路AM462转换成  
工业标准二线制输出4...20 mA

从公式 4 可以知道  $R_0$  对满度输出,  $R_3$  和  $R_4$  对零点输出起主要作用。如果将电阻  $R_3$  和  $R_4$  与电阻  $R_0$  比较,  $R_0$  对校准电流输出  $I_{OUT}$  的精度影响比  $R_3$  和  $R_4$  要大 5 倍(20mA/4mA)。这说明, 要求  $R_0$  调试时精度要高一些, 电阻的温度特性尽可能要好一些。

在图 7 中, 一个较大的误差在零点附近。该误差不是通过电阻  $R_3$  和  $R_4$  作的零点校准引起的, 而是和运算放大器 OP1 和 U/I 电压电流转换电路的失调电压有关, 在输入信号小的时候更为明显。

从测量曲线图 7 来看, 常温下的校准误差为 0,25% FS。

实际的应用:

图 8 是一个带有二极管桥堆的完整电路。二极管桥堆允许电源二极互换而电路正常工作。一个保护二极管, 在有过压脉冲影响时保护电路不坏。系统工作电源  $V_S$  的大小要注意二极管桥堆的电压降(约 1,4V)的影响。电容  $C_2$  与电缆导线电阻一起组成低通滤波器, 它同样对后续电路当有瞬时的干扰脉冲时起保护作用。

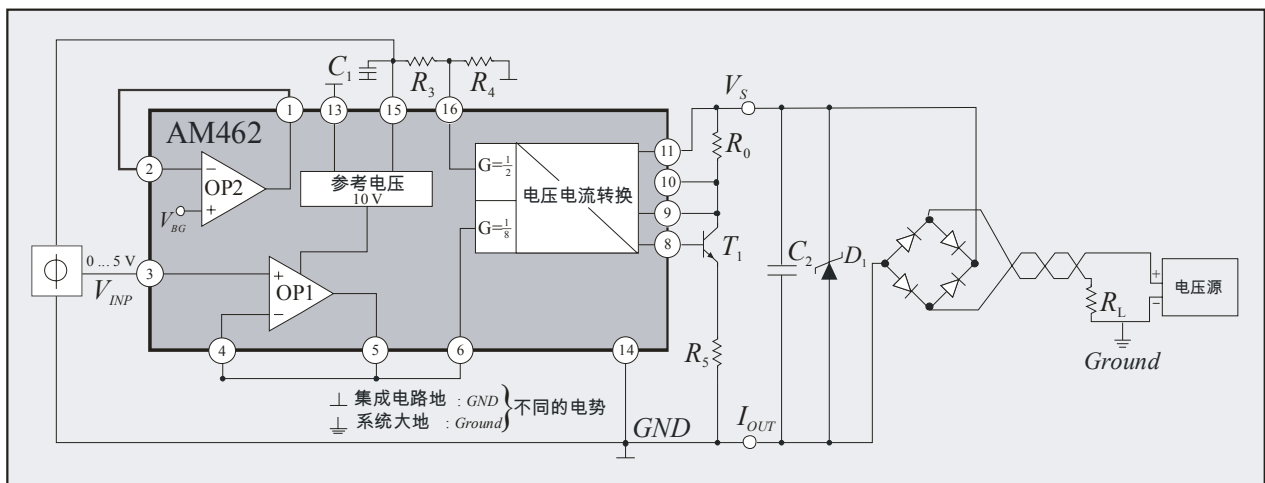


图 8: U/I- 电压电流变送集成电路电路 AM462 和保护电路

## 将输入为0...5V的电压信号通过变送集成电路AM462转换成 工业标准二线制输出4...20 mA

### 注意事项:

人们可以将输入电压信号  $V_{INP}$  直接连接到 U/I-电压电流转换模块的管脚 6(INDAI), 这样可以绕过 OP1 的失调电压和失调温漂, 降低由此产生的校准误差。因为 OP1 的引入是因为它的高输入阻抗, 可以降低信号源的负载输出, 另一方面, OP1 的阻抗变换器(射极跟随器)的作用使 U/I-转换模块的输入阻抗的影响得以消除。(U/I-转换模块的电压分压比为 1/8)。如果信号从管脚 6(INDAI)输入, 必须考虑到电压电流模块的输入阻抗在 110...200k $\Omega$  之间并且它的温度影响为 0,2%/K。对于大的内阻阻抗的信号源将会导致附加的误差。经过 OP1 的低的输出阻抗避免了这种误差的产生。

### 总结:

在本文 AN1015 中针对工业实际应用情况详细描述了如何将电压信号 0...5V 变送成二线制的电流信号 4..20mA 的方法。介绍了一个简单的带有 AM462 的变送电路和它的外围元器件选择以及简单的校准过程, 使输入电压信号以小于 <0.25%/FS 的精度转换成电流信号。从实验测量曲线可以看出本文应用的实际变送电路的校准误差和可以达到的精度。

从 AM462 变送电路的输出端来看, 它可以抵制工业上的干扰并且与电源的极性接法无关。

### 文献资料:

[www.analogmicro.de](http://www.analogmicro.de) (德文和英文)

[www.sym-china.com](http://www.sym-china.com) (中文和英文)

[1] - PR1012: AM462 科技文章: 二线制的电压/电流变送转换应用

[2] - 产品说明书: AM462

