

## 特点

- 宽的工作电压范围 (6...35V)
- 宽的工作温度范围 (-40°C...+85°C)
- 可调的高度稳定的参考电压, 可以供传感器使用 (4.5 到 10V)
- 内置高精度的仪表放大器 (共模电压范围大, GMRR=90dB)
- 可调的增益系数和电流偏置
- 两线方式输出 (4...20mA)
- 三线方式输出 (0/4...20mA)
- 输出电流范围可调
- 内置极性保护
- 输出电流限制保护
- 过温度保护

## 应用范围

- 工业自动化控制
- 传感器电流变送接口电路
- 可调的电流源输出
- 远距离输送

## 电路方框图

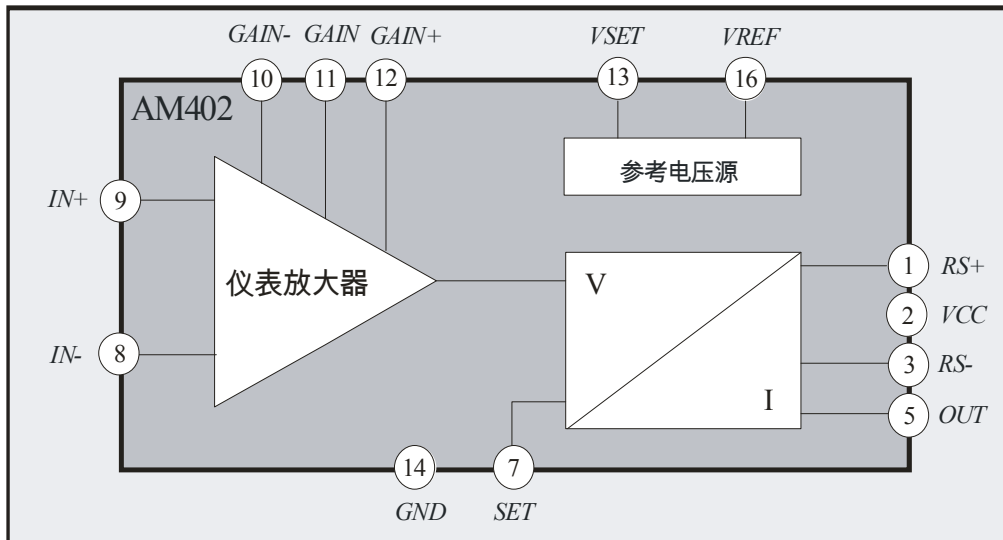


图1

## 简要

AM402 是一个用于处理差分电桥信号的电压电流输出转换接口集成电路, 这种电路应用在信号变化范围较大的传感器上是十分理想的, 比如: 压力传感器、热敏电阻探测器 (RTD) 等。它可以用二线方式输出 (4...20mA) 或者三线方式 (0/4...20mA) 输出。

它是由一个用于差分输入信号放大的高度精度仪表放大器, 一个可调的高度稳定的参考电压 (4.5 至 10V) 以及一个由电压控制的电流输出级组成。此接口电路的电流输出范围和偏置调零以及增益系数可以通过外接电阻在较宽的范围内进行调整。

用少量的外接元件就可以使 AM402 成为一个用途广泛的电压电流转换接口电路。

## 电路参数

$T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC} = 24\text{V}$ ,  $V_{REF} = 5\text{V}$ ,  $I_{REF} = 1\text{mA}$  (除非另外注明)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
工作电压范围	$V_{CC}$		6		35	V
静态电流	$I_{CC}$	$T_{amb} = -40 \dots +85^{\circ}\text{C}$ , $I_{REF} = 0\text{mA}$			1.5	mA
<b>参考电压源</b>						
可靠工作温度范围	$T_{amb}$		-40		85	$^{\circ}\text{C}$
储存温度范围	$T_{st}$		-55		125	$^{\circ}\text{C}$
最高冲击温度	$T_J$				150	$^{\circ}\text{C}$
热电阻	$\Theta_{ja}$	DIL16 塑封		70		$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
	$\Theta_{ja}$	S016 贴片塑封		140		$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
<b>参考电压源</b>						
电压	$V_{REF}$	$V_{SET}$ 不接	4.75	5.00	5.25	V
	$V_{REF}$	$V_{SET} = \text{接地}$ , $V_{CC} \geq 11\text{V}$	9.5	10.0	10.5	V
输出电流	$I_{REF}^*$		0		10	mA
$V_{REF}$ 的温度系数	$dV_{REF}/dT$	$T_{amb} = -40 \dots +85^{\circ}\text{C}$		$\pm 90$	$\pm 140$	ppm/ $^{\circ}\text{C}$
电压稳定系数 Line Regulation	$dV_{REF}/dV$	$V_{CC} = 6\text{V} \dots 35\text{V}$		30	80	ppm/V
	$dV_{REF}/dV$	$V_{CC} = 6\text{V} \dots 35\text{V}$ , $I_{REF} \approx 5\text{mA}$		60	150	ppm/V
负载能力 Load Regulation	$dV_{REF}/dI$			0.05	0.10	%/mA
	$dV_{REF}/dI$	$I_{REF} \approx 5\text{mA}$		0.06	0.15	%/mA
负载电容	$C_L$		1.9	2.2	5.0	$\mu\text{F}$
<b>调整级</b>						
内置增益	$G_{SET}$			0.5		
输入电压	$V_{SET}$		0		1.15	V
失调电压	$V_{OS}$			$\pm 0.5$	$\pm 2.5$	mV
$V_{OS}$ 的稳定系数	$dV_{OS}/dT$			$\pm 1.6$	$\pm 5$	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
输入偏置电流	$I_B$			8	20	nA
$I_B$ 的稳定系数	$dI_B/dT$			7	18	pA/ $^{\circ}\text{C}$
<b>高精度仪表放大器</b>						
可调增益	$G_{IA}$		1	5		
差分输入电压范围	$V_{IN}$	$SET = \text{接地 } GND$	0		$580/G_{IA}$	mV
共模输入范围	$CMIR$	$V_{CC} < 9\text{V}$	1.5		$V_{CC} - 3$	V
	$CMIR$	$V_{CC} \geq 9\text{V}$	1.5		6.0	V
共模抑制比	$CMRR$		80	90		dB
输出电压稳定特性	$PSRR$		80	90		dB
输入失调电压	$V_{OS}$			$\pm 1$	$\pm 3$	mV
$V_{OS}$ 的温度特性	$dV_{OS}/dT$			$\pm 5$		$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
输入偏置电流	$I_B$			8	20	nA
$I_B$ 的温度特性	$dI_B/dT$			6	15	pA/ $^{\circ}\text{C}$
输入失调电流	$I_{OS}$			0.2		nA
$I_{OS}$ 的温度特性	$dI_{OS}/dT$			0.8		pA/ $^{\circ}\text{C}$
输出电压范围 (满量程)	$V_{OUTFS}$	$V_{OUTFS} = V_{GAIN+} - V_{GAIN-}$	400	500	580	mV
负载电容	$C_L$				250	pF

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>V/I 电压电流转换</b>						
内置增益	$G_{VI}$			1.00		
调节范围		通过 $R_0$ 可调	0.75	1.00	1.25	
在 $R_0$ 上的电压范围 (FS)	$V_{R0FS}$		400	500	580	mV
失调电压	$V_{OS}$	$\beta_F \geq 100$		$\pm 2$	$\pm 6$	mV
$V_{OS}$ 的温度系数	$dV_{OS}/dT$	$\beta_F \geq 100$		$\pm 7$	$\pm 20$	$\mu V/^\circ C$
输出失调电流	$I_{OUTOS}$	三线方式		-35	-50	$\mu A$
$I_{OUTOS}$ 的温度特性	$dI_{OUTOS}/dT$	三线方式		55	80	nA/ $^\circ C$
输出失调电流	$I_{OUTOS}$	二线方式		14	22	$\mu A$
$I_{OUTOS}$ 的温度特性	$dI_{OUTOS}/dT$	二线方式		22	35	nA/ $^\circ C$
输出控制电流	$I_{OUTC}$	二线方式		5		$\mu A$
$I_{OUTC}$ 的温度特性	$dI_{OUTC}/dT$	二线方式		-9		nA/ $^\circ C$
输出电压范围	$V_{OUT}$	$V_{OUT} = R_L I_{OUT}, V_{CC} < 16V$	0		$V_{CC} - 6$	V
	$V_{OUT}$	$V_{OUT} = R_L I_{OUT}, V_{CC} \geq 16V$	0		10	V
输出电流范围 FS	$I_{OUTFS}$	$I_{OUT} = V_{R0}/R_0$ , 三线方式		20		mA
输出阻抗	$R_{OUT}$		0.5	1.0		M $\Omega$
负载电容	$C_L$		0		500	nF
<b>保护功能</b>						
在 $R_0$ 上的电压极限值	$V_{LIMIT}$	$V_{R0} = V_{IN} G_{VI}, SET = GND$	580	640	700	mV
	$V_{LIMIT}$	$V_{IN} = 0, V_{R0} = V_{SET}/2$	580	635	690	mV
温度极限值	$T_{LIMIT}$		110	130	150	$^\circ C$
极性反接保护		Ground vs. $V_S$ vs. $I_{OUT}$			35	V
极性反时的电流		Ground = 35V, $V_S = I_{OUT} = 0$		3.8		MA
<b>系统参数</b>						
非线性		理想输入		0.05	0.15	%FS

\*在二线方式时最大电流  $I_{OUTmin} - I_{CC}$  才是有效流入集成电路的电流是负的

## 外接元件的取值范围

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
检测电阻	$R_0$	$I_{OUTFS} = 20mA$	20	25	29	$\Omega$
	$R_0$	$c = 20mA/I_{OUTFS}$	$c \cdot 20$	$c \cdot 25$	$c \cdot 29$	$\Omega$
稳定电阻	$R_S$	$I_{OUTFS} = 20mA$	35	40	45	$\Omega$
	$R_S$	$c = 20mA/I_{OUTFS}$	$c \cdot 35$	$c \cdot 40$	$c \cdot 45$	$\Omega$
负载电阻	$R_L$	limitation only for 3-wire operation	0		500	$\Omega$
增益调整电阻之和	$R_1 + R_2$		25		50	k $\Omega$
偏置调整电阻之和	$R_3 + R_4$		20		200	k $\Omega$
$V_{REF}$ 的电容	$C_1$		1.9	2.2	5.0	$\mu F$
输出电容	$C_2$	在二线方式时需要	90	100	250	nF
二极管 $D_1$ 的击穿电压	$V_{BR}$		35	50		V
三极管 $T_1$ 的电流放大倍数	$\beta_F$		50	150		

## 工作原理图

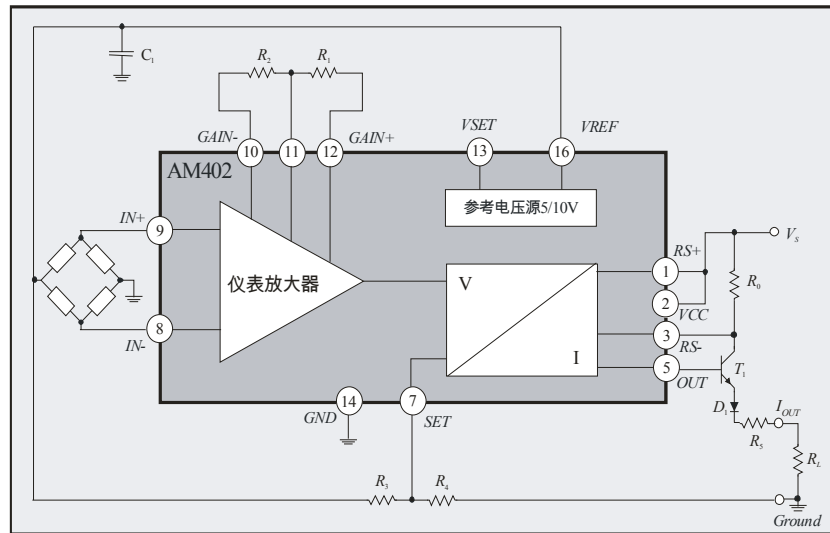


图 2 (三线方式输出)

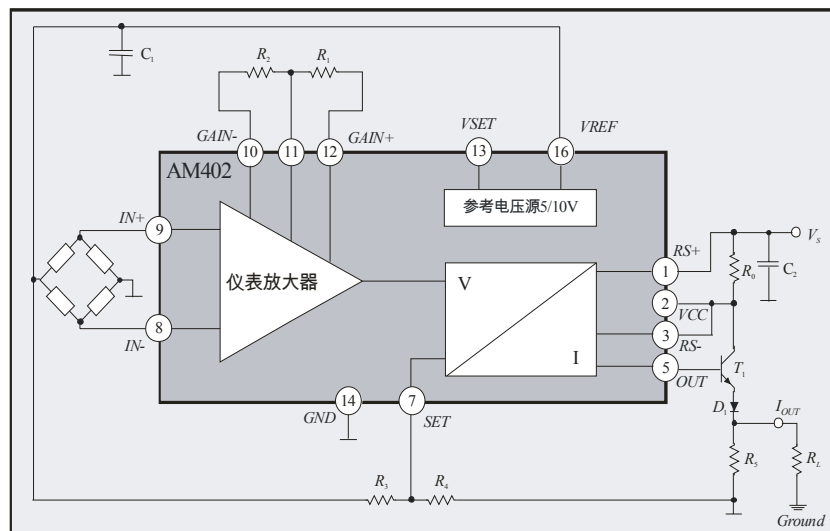


图 3 (二线方式输出)

## 工作原理简介

AM402 是一个用于处理电桥输出信号的电流输出接口集成电路。通过少量的外接元件就可以使输出电流在一个很大的范围内可调。除了外接电阻  $R_0$  到  $R_5$  和电容  $C_1$  ( $C_2$ ) 之外, 要使电路正常工作还需要一个外接的三极管  $T_1$  和一个起保护作用的二极管  $D_1$ 。外接三极管降低了集成电路 AM402 的耗散功率。当外接电源的极性接反的话, 二极管将起保护三极管的作用。在选择二极管和三极管时请注意它们的耗散功率。典型的外接元件数值将在下面的例子中一一列出。

AM402 可以作为二线方式或者三线方式输出的电流接口电路。三线方式输出的工作原理见图 2。差分信号电压  $V_{IN}$  (图 2) 是用可变电阻来实现的。外接的参考点 Ground 是和管脚 14 (GND) 一致的, 此时的集成电路的工作电压和电源电压是一样的  $V_{CC}=V_s$ 。二线方式输出的工作原理见图 3, 此时的管

脚 14 (GND 虚地) 是接在图 7 的  $R_5$  和  $R_L$  之间。在这种情况下, 集成电路的工作电压  $V_{CC}$  和电源电压  $V_S$  的关系是:

$$V_{CC} = V_S - I_{OUT} \cdot R_L$$

AM402 是由 3 个基本单元组成, 如图 1 所示:

1. 一个高精度的前置放大器, 它有较强的增益调节范围, 适合于不同的信号输入范围, 可以用于各种不同变化范围的传感器信号处理。 $G_{IA}$  增益的大小由外接的电阻  $R_1$  和  $R_2$  来决定。 $R_1$  和  $R_2$  必须按照表内所给的数值范围来选择。
2. 一个由电压控制的电流输出级。通过调节外接的电阻  $R_3$  和  $R_4$ , 即调整偏置电压, 就可以使输出电流在较宽的范围内可调。这二个电阻同时确定了输出最小电流, 也就是当输入信号  $V_{IN}=0$  为零时 (也可以任意值), 所需要的电流输出偏置  $I_{OUT} (V_{IN}=0)$ 。外接三极管的输出电流  $I_{OUT}$  是由集成电路的输出脚 5 所输出的电压来控制。当输入信号过载, 输出电流会切断。此外, AM402 还有一个功能, 当集成电路 IC 的温度过高时, 输出电流也会自动切断。
3. 一个可调的参考电压级  $V_{REF}$  ( $VSET=$ 空 5V 或  $VSET=$ 接地 10V) 可以供给需要常数电压的传感器使用或者可以作为外接电路的电源。注意: 电容  $C_1$  (陶瓷) 必须始终接上, 不管是否使用了参考电压。

下面将介绍调整 AM402 的工作状态的具体方法:

管脚 7 上的参考电压决定了输出的偏置电流的大小  $I_{SET} = I_{OUT} (V_{IN}=0)$ 。在调节偏置电流的时候, 前置放大器输入的两端必须相连。输出的偏置电流等于管脚 7 上的参考电压除以  $2R_0$  (根据设计), 式子如下:

$$I_{SET} (V_{IN} = 0) = \frac{V_{REF}}{2R_0} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4}$$

调整外接电阻  $R_1$  和  $R_2$  就可以改变前置放大器的放大倍数 (增益  $G$ ) 从而可以给出不同的输出电流范围。总的输出电流  $I_{OUT}$  和输入信号电压  $V_{IN}$  的关系是:

$$I_{OUT} = V_{IN} \frac{G_{IA}}{R_0} + I_{SET}$$

前置放大器的放大倍数 (增益  $G$ ) 由式子  $G_{IA} = 1 + R_1/R_2$  给出。根据输入信号  $V_{IN}$  的大小和所需要的最大输出电流  $I_{OUTmax}$  来确定增益  $G$  的大小, 然后调节外接电阻  $R_1$  和  $R_2$  就可以了。

电源电压  $V_S$  集成电路的最小工作电压  $V_{CCmin}$  以及负载电阻  $R_L$  之间的关系必须满足下面的式子, 整个电路才能正常工作:

$$V_S \geq I_{OUTmax} R_L + V_{CCmin}$$

图 4 给出了电源电压  $V_S$  和负载电阻  $R_L$  之间的关系, 阴影部分是可靠的工作范围, 外接元件的数值大小和计算方法将在下面的应用例子中一一介绍。

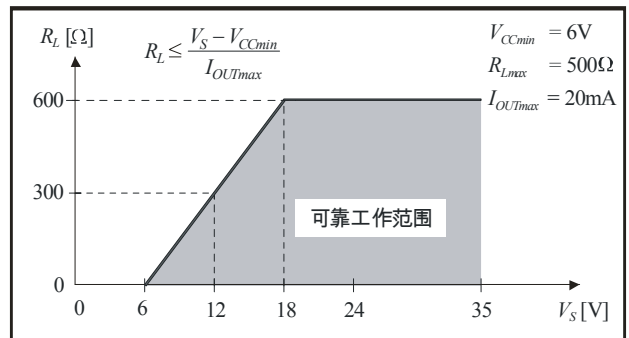


图 4

## 管脚示意图

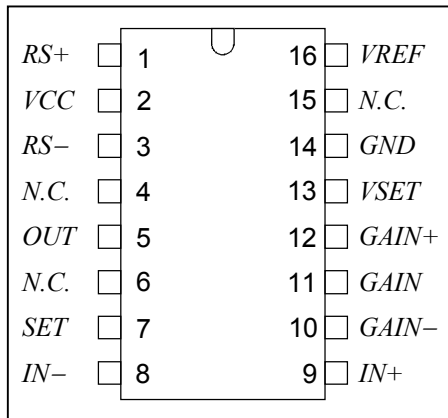


图 5

管脚	名称	简介
1	RS+	检测电阻+
2	VCC	工作电压
3	RS-	检测电阻-
4	N. C.	空
5	OUT	输出
6	N. C.	空
7	SET	偏置电流设定
8	IN-	反向信号输入
9	IN+	正向信号输入
10	GAIN-	增益调整
11	GAIN	增益调整
12	GAIN+	增益调整
13	VSET	参考电压选择
14	GND	IC 接地
15	N. C.	空
16	VREF	参考电压输出

## 封装外形

AM402 可以提供不同规格的封装外形：

- 16 脚塑封 DIP (见例子)
- 16 脚 SMD 塑封贴片 S016 (n) (最大耗散功率  $P_T=300\text{mW}$ )
- 管芯片 dice 在 5 英寸绷膜上 (已切割)

## S016 (n) 贴片外形尺寸

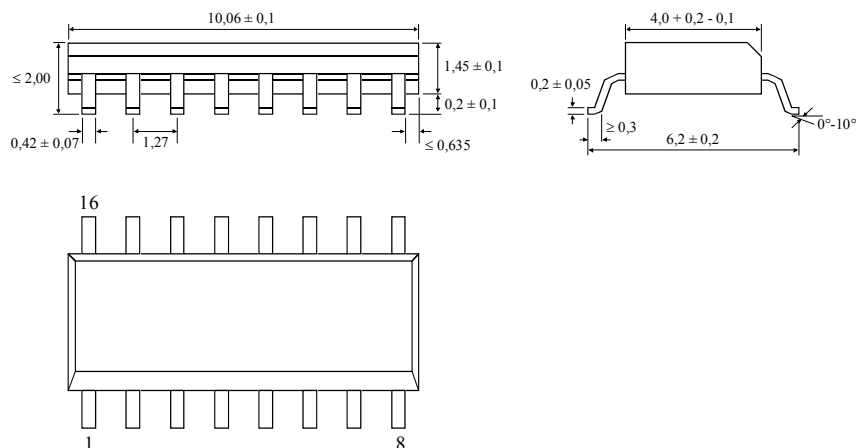


图 6

## 典型的三线方式输出应用(0/4-20mA)

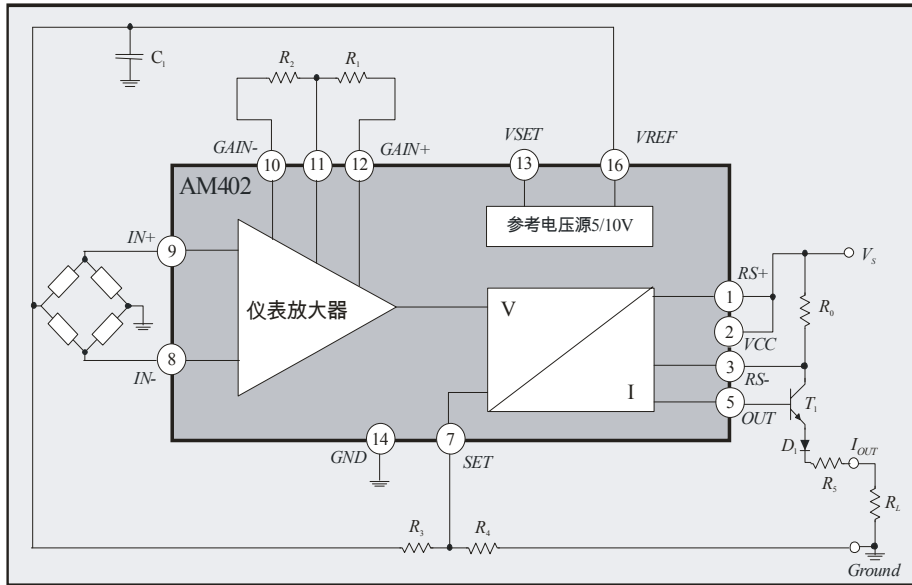


图 7

在三线方式输出时，管脚 2 (VCC) 和管脚 1 (RS+) 必须相连，管脚 14 (GND) 与接地 Ground 相连 (图 7)。增益  $G$  由外接电阻  $R_1$  和  $R_2$  调节，计算可得  $R_1/R_2$  为：

$$G_{IA} = 1 + R_1/R_2 \Rightarrow R_1/R_2 = G_{IA} - 1$$

根据转换公式，输出电流  $I_{OUT}$  是：

$$I_{OUT} = V_{IN} G_{IA} / R_0 + I_{SET}$$

由外接电阻  $R_3$  和  $R_4$  决定的输出偏置电流  $I_{SET}$ ：

$$I_{SET} = \frac{V_{REF}}{2R_0} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} \Rightarrow \frac{R_3}{R_4} = \frac{V_{REF}}{2R_0 I_{SET}} - 1$$

电源电压  $V_s$  和集成电路的最小工作电压  $V_{CCmin}$  (6V) 以及和负载电阻  $R_L$  之间的关系必须满足下面的式子整个电路才能正常工作：

$$V_s \geq I_{OUTmax} R_L + 6V$$

**例子 1：输出电流范围  $I_{out}=4 \dots 20mA$**

如果输入电压范围是  $V_{IN}=0 \dots 50mV$ ， $V_{REF} = 5V$ ， $G_{IA} = 8$ ，算得的外接元件的数值是：

$$\begin{aligned} R_0 &= 25\Omega & R_1 &= 33k\Omega & R_2 &= 4.7k\Omega & R_3 &= 100k\Omega \\ R_4 &= 0 \dots 5k\Omega & R_5 &= 40\Omega & R_L &= 0 \dots 500\Omega & C_1 &= 2.2\mu F \end{aligned}$$

**例子 2：输出电流范围  $I_{out}=0 \dots 20mA$**

如果输入电压范围是  $V_{IN}=0 \dots 250mV$ ， $V_{REF} = 5V$ ， $G_{IA} = 2$ ，算得的外接元件的数值是：

$$\begin{aligned} R_0 &= 25\Omega & R_1 &= 22k\Omega & R_2 &= 22k\Omega & R_3 &= 40\Omega \\ R_3, R_4 & \text{不用管脚 7 (SET = 接地 GND)} & R_L &= 0 \dots 500\Omega & C_1 &= 2.2\mu F \end{aligned}$$

## 典型的二线方式输出应用(4-20mA)

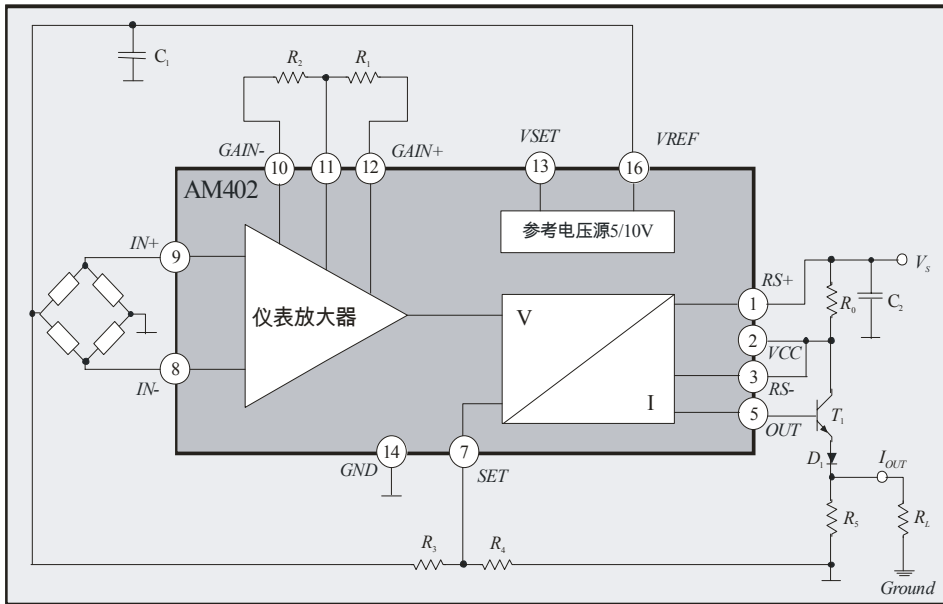


图 8

在二线方式输出时，管脚 2 (VCC) 和管脚 3 (RS-1) 相连，管脚 14 (GND, ⊥ 内置虚地) 与负载电阻相连(图 8)。增益  $G_{IA}$  由外接电阻  $R_1$  和  $R_2$  调节，计算可得  $R_1/R_2$  的数值：

$$G_{IA} = 1 + R_1/R_2 \Rightarrow R_1/R_2 = G_{IA} - 1$$

根据转换公式，输出电流  $I_{OUT}$  是：

$$I_{OUT} = V_{IN} G_{IA} / R_0 + I_{SET}$$

由外接电阻  $R_3$  和  $R_4$  决定的输出偏置电流  $I_{SET}$ ：

$$I_{SET} = \frac{V_{REF}}{2R_0} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} \Rightarrow \frac{R_3}{R_4} = \frac{V_{REF}}{2R_0 I_{SET}} - 1$$

电源电压  $V_S$  和集成电路的最小工作电压  $V_{CCmin}$  (6V) 以及负载电阻  $R_L$  之间的关系必须满足下面的式子，整个电路才能正常工作：

$$V_S \geq I_{OUTmax} R_L + 6V$$

**例子 3：输出电流范围  $I_{OUT} = 4 \dots 20mA$**

如果输入电压范围是  $V_{IN} = 0 \dots 200mV$ ， $V_{REF} = 5V$ ， $G_{IA} = 2$ ，算得的外接元件的数值是：

$$\begin{aligned} R_0 &= 25\Omega & R_1 &= 22k\Omega & R_2 &= 22k\Omega & R_3 &= 100k\Omega & R_4 &= 0 \dots 5k\Omega \\ R_5 &= 40\Omega & R_L &= 0 \dots 500\Omega & C_1 &= 2.2\mu F & C_2 &= 100nF \end{aligned}$$

以上资料仅供参考