

## 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 (5至10V)
- 运算放大器输入 (0.5...4.5V, 0...5/10V, 或者其它)
- 电流偏置可调
- 二线方式输出 (4...20mA) 或者三线方式输出 (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

## 应用范围

- 传感器用的转换接口电路
- 可调的电流源
- 远距离传输
- 信号转换

## 简介

AM422 是一个用于模拟信号转换处理的电压到电流的专用接口集成电路, 这种电路可以用作输入电压范围可变的输出为电流的标准接口电路。它可以用二线方式输出 (4...20mA) 或者三线方式 (0/4...20mA) 输出, 并且它的电流输出范围和偏置调零可以通过外接电阻进行任意调整。

AM422 是由一个可用于一端接地的输入信号 (0.5...4.5V, 0...5V, 或者其它) 放大的运算放大器和一个可调的高度稳定的参考电压 (4.5至10V), 以及一个电流输出端组成, 它的电流输出范围可以通过外接电阻在很宽的范围内进行调整 (4...20mA, 0...20mA, 12±8mA 或者其它)。

由于适合处理各种不同范围的输入信号和借助几个外接元件就可以调整所有的重要参数, 使得 AM422 成为一个用途极为广泛的电压电流的转换接口电路, 尤其适合作为输出信号为一端接地的传感器的电流输出转换接口。

## 电路方框图

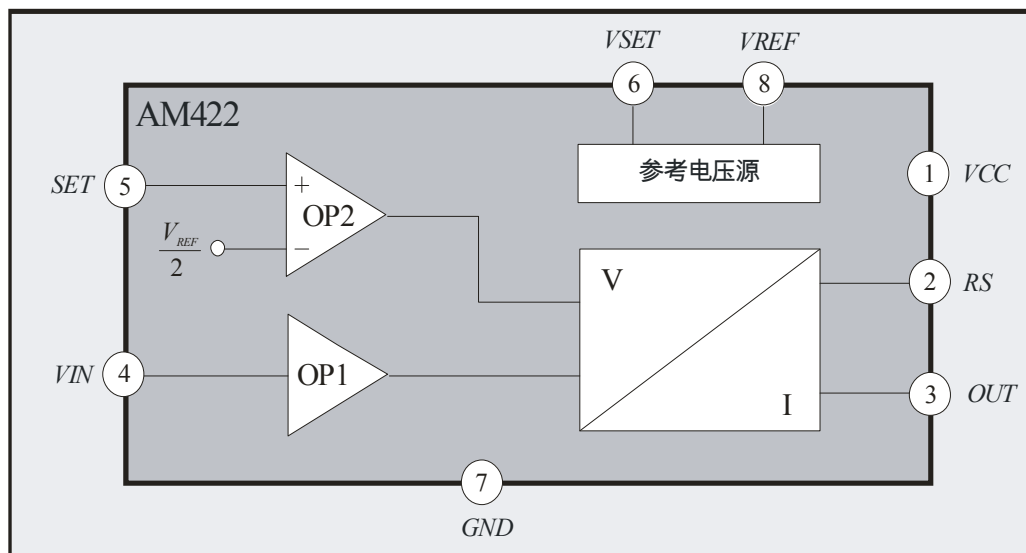


图 1

## 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
工作电源范围	$V_{CC}$		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>温度参数</b>						
可靠工作温度范围	$T_{amb}$		-40		85	$^{\circ}\text{C}$
存储温度	$T_{st}$		-55		125	$^{\circ}\text{C}$
冲击温度	$T_J$				150	$^{\circ}\text{C}$
热电阻	$\Theta_{ja}$	DIL8 塑封		110		$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
	$\Theta_{ja}$	SO8 塑封		180		$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
<b>参考电压</b>						
电压	$V_{REF}$	$V_{SET}$ 不接	4.75	5.00	5.25	V
	$V_{REF}$	$V_{SET} = \text{接地 } GND, V_{CC} \geq 11\text{V}$	9.5	10.0	10.5	V
可调范围	$V_{R10}$		4.5		$V_{R10}$	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/ $^{\circ}\text{C}$
输出电压稳定特性	$dV_{REF}/dV$	$V_{CC} = 6\text{V}\dots 35\text{V}$		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
输出电流电压稳定特性	$dV_{REF}/dI$			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	$G_{IA}$			1		
输入电压	$V_{SET}$	$I_{SET} = 4\text{mA}, R_0 = 25\Omega$		2.6		V
失调电压	$V_{OS}$			$\pm 1$	$\pm 3$	mV
$V_{OS}$ 的温度系数	$dV_{OS}/dT$			$\pm 5$		$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
输入偏置电流	$I_B$			8	20	nA
$I_B$ 的温度特性	$dI_B/dT$			6	15	pA/ $^{\circ}\text{C}$
<b>输入级</b>						
内置增益	$G_{IN}$			0.5		
输入电压	$V_{IN}$		0		1.15	V
失调电压	$V_{OS}$			$\pm 0.5$	$\pm 2.5$	mV
$V_{OS}$ 的温度系数	$dV_{OS}/dT$			$\pm 1.6$	$\pm 5$	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
输入偏置电流	$I_B$			8	20	nA
$I_B$ 的温度特性	$dI_B/dT$			7	18	pA/ $^{\circ}\text{C}$

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>V/I 转换</b>						
内置增益	$G_{VI}$			1.00		
可调范围		通过 $R_0$ 可调	0.75	1.00	1.25	
在 $R_0$ FS 上的电压范围	$V_{R0FS}$		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	$I_{OUTOS}$	3 线方式		-35	-50	$\mu A$
$I_{OUTOS}$ 的温度系数	$dI_{OUTOS}/dT$	3 线方式		55	80	nA/°C
输出失调电流	$I_{OUTOS}$	2 线方式		14	22	$\mu A$
$I_{OUTOS}$ 的温度系数	$dI_{OUTOS}/dT$	2 线方式		22	35	nA/°C
输出控制电流	$I_{OUTC}$	2 线方式, $V_{R0}/100mV$		5		$\mu A$
$I_{OUTC}$ 的温度系数	$dI_{OUTC}/dT$	2 线方式		-9		nA/°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	$I_{OUTFS}$	$I_{OUT} = V_{R0}/R_0$ , 3 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 $R_0$ 上的电压限制	$V_{LIMR0}$	$V_{R0} = V_{IN}/2, SET = V_{REF}/2$	580	635	690	mV
	$V_{LIMR0}$	$V_{IN} = 0, V_{R0} = V_{SET}/2 - V_{REF}/2$	580	640	700	mV
温度限制	$T_{LIMIT}$		110	130	150	°C
极性反接保护		Ground vs. $V_S$ vs. $I_{OUT}$			35	V
电源反向时的电流		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 2 线方式工作时，最大电流  $I_{OUTmin} - I_{CC}$  是有效的。流向 IC 的电流为负。

## 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
探测电阻	$R_0$	$I_{OUTFS} = 20\text{mA}$	20	25	29	$\Omega$
	$R_0$	$c = 20\text{mA}/I_{OUTFS}$	$c \cdot 20$	$c \cdot 25$	$c \cdot 29$	$\Omega$
稳定电阻	$R_5$	$I_{OUTFS} = 20\text{mA}$	35	40	45	$\Omega$
	$R_5$	$c = 20\text{mA}/I_{OUTFS}$	$c \cdot 35$	$c \cdot 40$	$c \cdot 45$	$\Omega$
负载电阻	$R_L$	3线方式时的极限值	0		500	$\Omega$
偏置调整电阻之和	$R_3 + R_4$		20		200	$\text{k}\Omega$
$V_{REF}$ 的电容	$C_1$		1.9	2.2	5.0	$\mu\text{F}$
输出电容	$C_2$	2线方式时需要	90	100	250	$\text{nF}$
$D_1$ 的击穿电源	$V_{BR}$		35	50		V
$T_1$ 电流放大倍数	$\beta_F$		50	150		

## 工作原理图

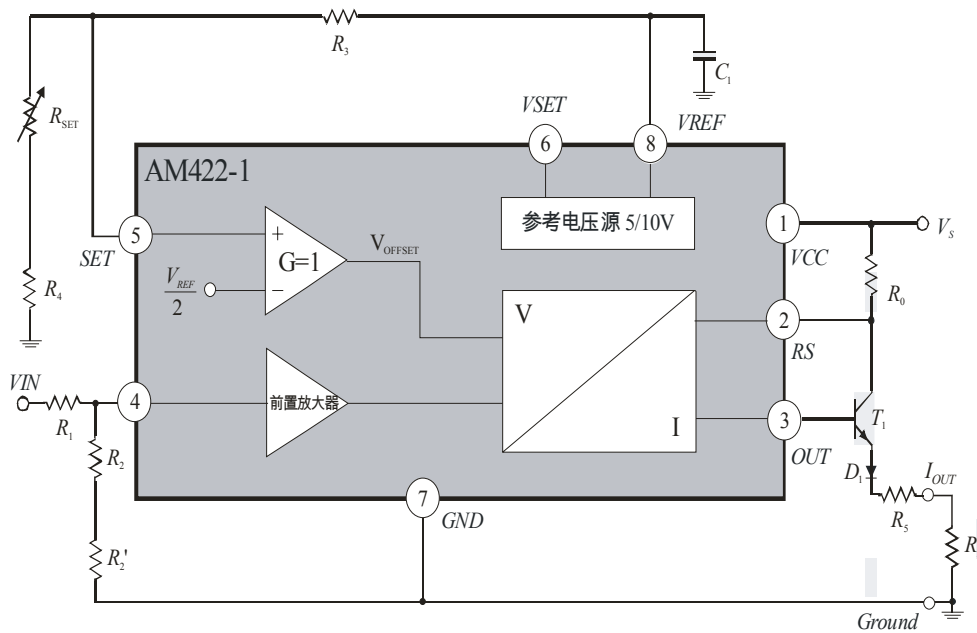


图2 ( 三线输出 )

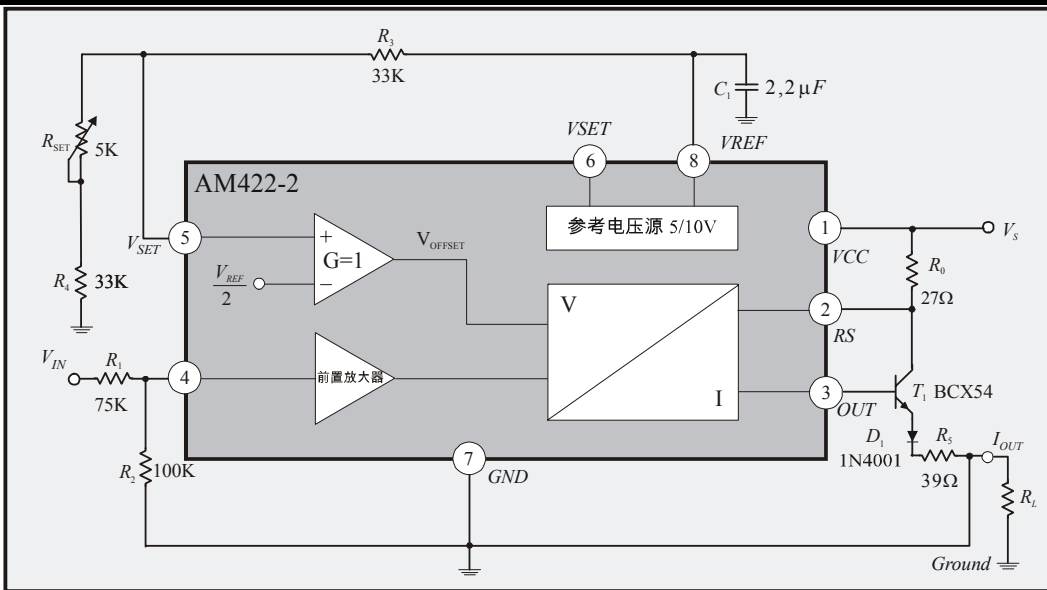


图 3 ( 二线输出 )

## 工作原理简介

AM422 是一个应用于一端接地的输入信号转换处理的电压到电流的接口集成电路。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  $D_1$ 。外接的三极管降低了集成电路 AM422 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。

AM422 可以作为二线方式或者三线方式输出的电压到电流的接口电路。三线方式输出的工作原理见图 2。外接的参考点 Ground 是管脚 7 (GND) 一致的, 此时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 7 (GND 虚地) 是接在图 8 中的  $R_5$  和负载电阻  $R_L$  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:

$$V_{CC} = V_S - I_{OUT} \cdot R_L \quad (1)$$

AM422 是由 3 个基本单元组成, 如图 1 所示:

1. 一个高精度的线性运算放大器, 由外接的电阻  $R_1$  和  $R_2$  来决定输出电流的范围。通过少量的外接电阻可以调节输入电压范围和输出电流范围。
2. 一个由电压控制的电流输出级。通过调节外接的电阻  $R_{SET}$ 、 $R_3$  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。这几个电阻同时确定了偏置电流的输出, 偏置电流的大小是依赖于参考电压的设定和所需要最小输出电流。外接三极管的输出电流  $I_{OUT}$  是由集成电路的输出脚 3 所输出的电压来控制的。
3. 一个可调的参考电压级 (管脚  $V_{SET}$ =空 5V 或管脚  $V_{SET}$ =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激励电源。

输出电流是由两个电流叠加而成，一个是可调的偏置电流，另一个是由输入信号  $V_{IN}$  控制的电流  $I_{IN}$  ( $V_{IN}$ )，式子如下：

$$I_{OUT}(V_{SET}, V_{IN}) = I_{SET}(V_{SET}) + I_{IN}(V_{IN}) \quad (2)$$

对于输入电压范围在 (0...5V, 或 0...10V) 之间和输入电压范围在 (0.5...4.5V) 之间的调整方法是不一样的。如果输入电压范围在 (0...5V, 或 0...10V) 之内，那么最小的输出电流就是当输入电压为  $V_{IN}=0V$  时，偏置电流  $I_{SET}$ ，它是由偏置电压减去内置参考电压然后除以  $R_1$  (根据设计) 得出，式子如下：

$$I_{SET}(V_{IN}=0) = \frac{1}{R_0} \cdot \left( V_{SET} - \frac{V_{REF}}{2} \right) = \frac{V_{REF}}{R_0} \cdot \frac{(R_4 + R_{SET}) - R_3}{2(R_3 + R_4 + R_{SET})} \quad (3)$$

取  $R_3=R_4$ ，那么电阻  $R_{SET}$  是 (忽略分母中的小量  $2R_0I_{SET}$ )

$$R_{SET} \approx \frac{4R_0 R_4 I_{SET}}{V_{REF}} \quad (4)$$

输出电流的范围就可以通过式子 (5) 来算出 (注意：根据设计输入电压所产生的电流输出是等于输入电压 <管脚 4> 除以  $2R_0$ )：

$$\Delta I_{OUT} = I_{OUTmax} - I_{SET} = \frac{V_{INmax}}{2R_0} \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad (5)$$

$R_1/R_2$  的关系就是：

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{V_{INmax}}{2R_0(I_{OUTmax} - I_{SET})} - 1 \quad (6)$$

如果输入电压范围在 (比如 0.5...4.5V, 要求  $V_{inmax}/V_{inmin}>5$ ) 之内，那么所希望的输出电流范围  $I_{OUT}$  就是：

$$\Delta I_{OUT} = \frac{\Delta V_{PIN4}}{2R_0} \quad \Rightarrow \quad \Delta V_{PIN4} = 2R_0 \Delta I_{OUT} \quad (7)$$

输入电压  $V_{IN}$  与管脚 4 的电压 ( $V_{PIN4}$ ) 的关系是：

$$\Delta V_{PIN4} = \Delta V_{IN} \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad (8)$$

换算后得到  $R_1/R_2$  为：

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\Delta V_{IN} - \Delta V_{PIN4}}{\Delta V_{PIN4}} \quad (9)$$

偏置电流算得为：

$$I_{SET} = I_{OUTmin} - I_{INmin} = I_{OUTmin} - \frac{V_{INmin}}{2R_0} \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad (10)$$

偏置调整电阻  $R_{SET}$  则由式子 4 给出。

电源电压  $V_S$  和集成电路的最小工作电压  $V_{CCmin}$  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。（见式子 11）：

$$V_S \geq I_{OUTmax} R_L + V_{CCmin} \quad (11)$$

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。

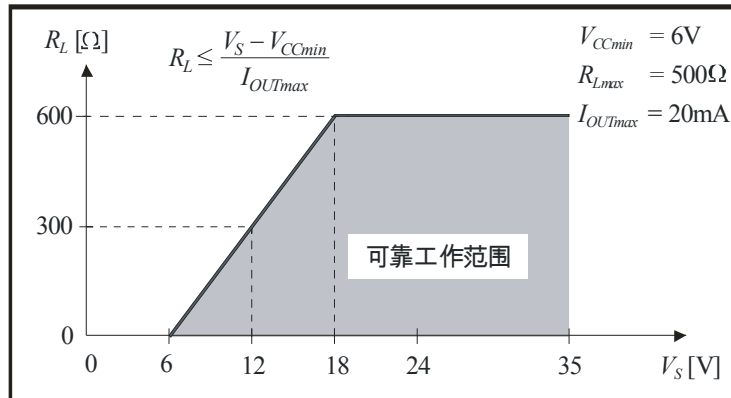


图 4

## 管脚示意图

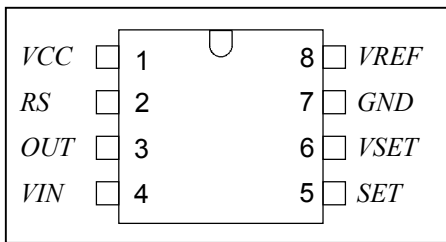


图 5

管脚	名称	简介
1	VCC	工作电压
2	RS	探测电阻
3	OUT	输出
4	VIN	电压输入
5	SET	输出电流设定
6	VSET	参考电压选择
7	GND	IC 接地
8	VREF	参考电压输出

## 封装外形

AM422 可以提供不同规格的封装外形：（注意：AM422-1 和 AM422-2 是不同的型号，AM422-1 只能用于三线输出，AM422-2 只能用于二线输出）

- 8 脚塑封 DIP（见例子）
- 8 脚 SMD 塑封贴片 S08 (n)（最大耗散功率  $P_D=300\text{mW}$ ）
- 管芯片 dice 在 5 英寸绷膜片上（已切割）

## S0(8)的贴片外形尺寸

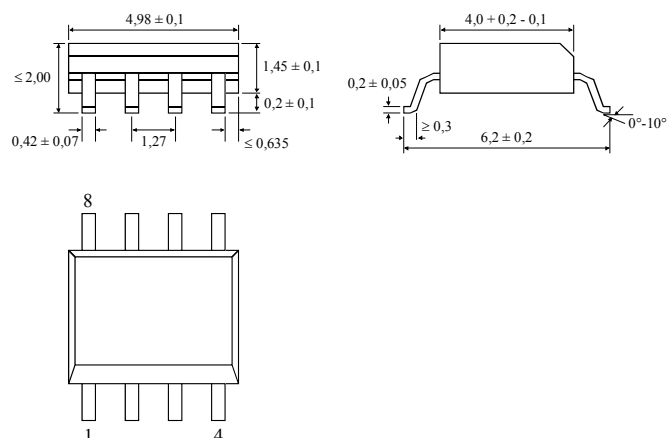


图 6



## 典型的三线方式输出应用 (输入信号: 0 – 5/10V)

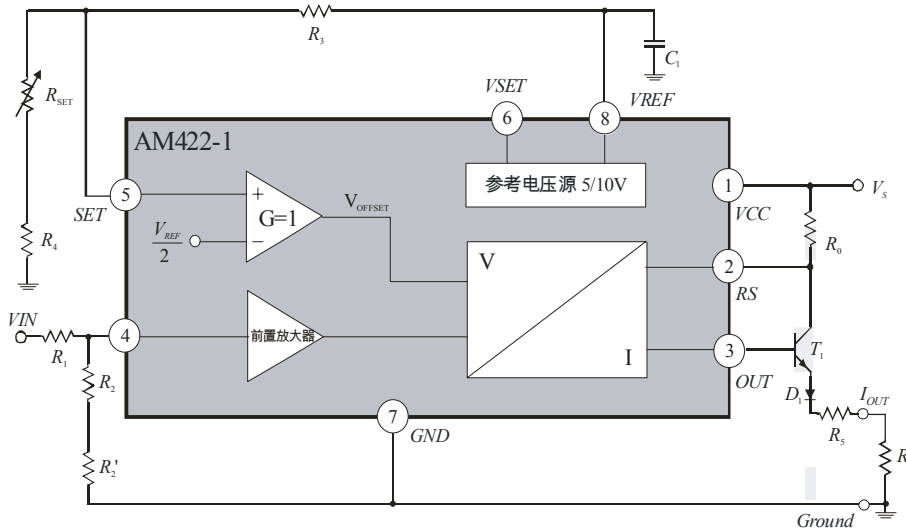


图 7

在三线方式输出时 (AM422 - 1)，管脚 7 (GND) 与接地 *Ground* (图7) 相连。 $R_1/R_2$  的关系由式子 5 给出：

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{V_{INmax}}{2 R_0 (I_{OUTmax} - I_{SET})} - 1$$

偏置电流  $I_{SET}$  是作为输出偏置电流 (输出最小电流)，它由式子 3 给出：

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

取  $R_3 = R_1$ ，那么电阻  $R_{SET}$  是 (忽略分母中的小量  $2R_0 I_{SET}$ ) (式子4)：

$$R_{SET} \approx \frac{4 R_0 R_4 I_{SET}}{V_{REF}}$$

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

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

$$\begin{aligned} R_0 &= 25\Omega & R_3 = R_4 &= 33\text{k}\Omega & R_{SET} &\approx 2,64\text{k}\Omega & R_5 &= 40\Omega \\ R_1/R_2 &\approx 5.25 & R_L &= 0 \dots 500\Omega & C_1 &= 2.2\mu\text{F} \end{aligned}$$

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

如果输入电压范围  $V_{IN} = 0 \dots 10\text{V}$ ， $V_{REF} = 5\text{V}$ ，算得的外接元件的数值是：

$$\begin{aligned} R_0 &= 25\Omega & R_3 = R_4 &= 33\text{k}\Omega & R_{SET} &= 0\Omega & R_5 &= 40\Omega \\ R_1/R_2 &\approx 9 & R_L &= 0 \dots 500\Omega & C_1 &= 2.2\mu\text{F} \end{aligned}$$

## 典型的三线方式输出应用（输入信号：0,5 - 4,5V）

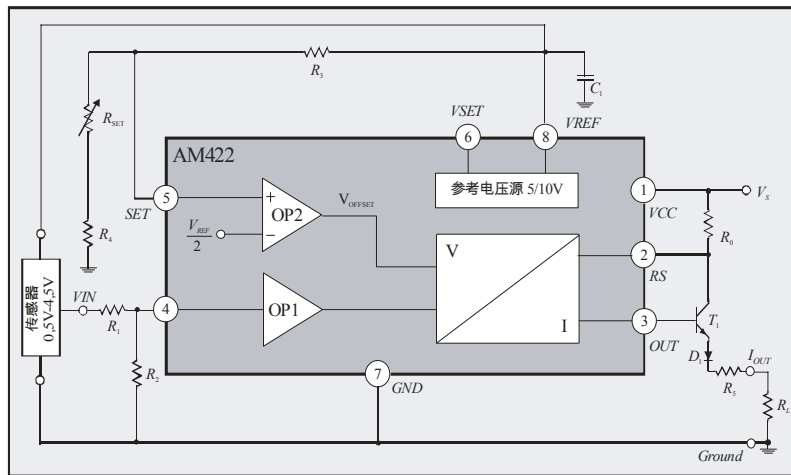


图 8

如果输入电压范围在  $V_{IN}=0.5 \dots 4.5V$  之间（零点不为零），则输出电流  $I_{OUT}$  就由式子 2 给出

$$I_{OUT} = I_{SET} + I_{IN} = I_{SET} + \frac{V_{IN}}{2R_0} \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)$$

如果输入电压范围在  $V_{IN}=0.5 \dots 4.5V$  之间(图8)，那么输入电源变化  $V_{IN}=4V$ ，如果要求输出电流范围是  $4 \dots 20mA$ (此时不能有零点输出)，那么输出电流的变化为  $I_{OUT}=16mA$ 。取  $R_0 = 25\Omega$ ，根据式子 7 可算得在管脚 4 的电压变化  $V_{PIN4} = 800mV$ ，由式子8算得  $R_1/R_2$  的数值为

$$\frac{\Delta V_{PIN4}}{\Delta V_{IN}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{800mV}{4V} \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{\Delta V_{IN} - \Delta V_{PIN4}}{\Delta V_{PIN4}} = 4$$

从而由式子 10 得出需要调整的偏置电流  $I_{SET}$  为

$$I_{SET} = I_{OUTmin} - I_{INmin} = I_{OUTmin} - 2mA = 2mA$$

取  $R_3 = R_4$ ，由式子 4 算得电阻  $R_{SET}$  为

$$R_{SET} \approx \frac{4R_0 R_4 I_{SET}}{V_{REF}}$$

**例子 3:** 输出电流范围  $I_{OUT}=4 \dots 20mA$  如果输入电压范围  $V_{IN}=0.5 \dots 4.5V$ ， $V_{REF} = 5V$ ，算得的外接元件的数值是：

$$\begin{aligned} R_0 &= 25\Omega & R_3 &= R_4 = 33k\Omega & R_{SET} &\approx 1,32k\Omega & R_5 &= 40\Omega \\ R_1/R_2 &\approx 4 & R_1 &\approx 68k\Omega & R_2 &\approx 18k\Omega & R_L &= 0 \dots 500\Omega & C_1 &= 2,02\mu F \end{aligned}$$

## 典型的二线方式输出应用（输入信号：0 - 1V）

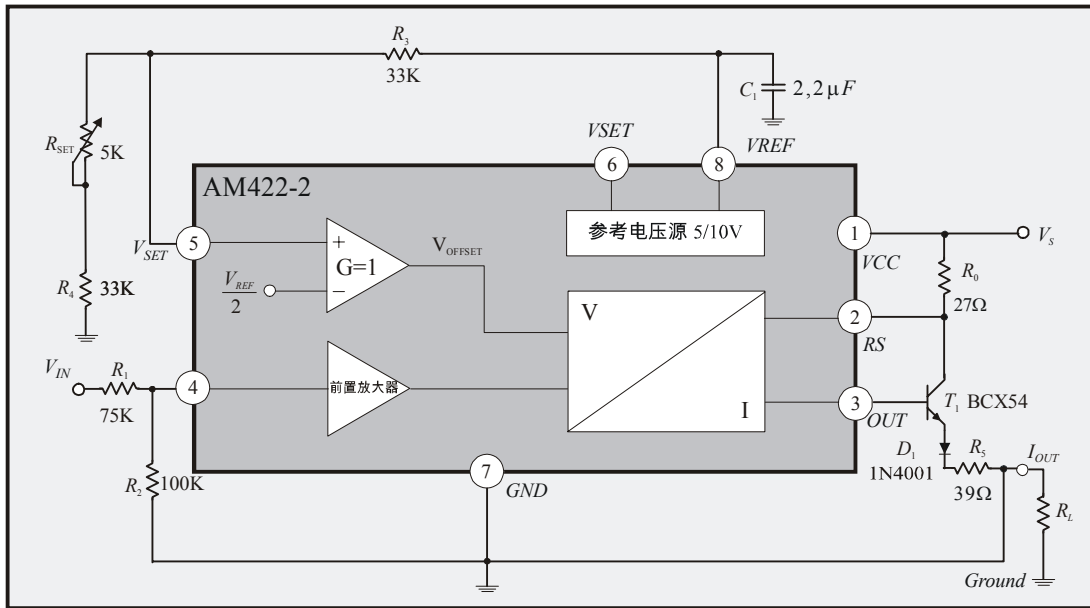


图 9

在二线方式时（AM422-2），管脚 7（GND，⊥内置虚地）是接在电阻  $R_5$  和  $R_L$  之间（见图 9）。 $R_1/R_2$  的关系由式子 6 给出

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{V_{INmax}}{2R_0(I_{OUTmax} - I_{SET})} - 1$$

偏置电流  $I_{SET}$  是作为输出偏置电流（输出最小电流）它由式子 3 给出

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

取  $R_3=R_4$ ，那么电阻  $R_{SET}$  是（忽略分母中的小量  $2R_0I_{SET}$ ）（式子 4）

$$R_{SET} \approx \frac{4R_0R_4I_{SET}}{V_{REF}}$$

例子 4： 输出电流范围  $I_{OUT}=4...20mA$

如果输入电压范围  $V_{IN}=0...1V$ ，算得的外接元件的数值是：

$$\begin{aligned} R_0 &= 25\Omega & R_3 &= R_4 = 33k\Omega & R_{SET} &\approx 2.64k\Omega & R_5 &= 40\Omega \\ R_1/R_2 &\approx 0.25 & R_L &= 0...500\Omega & C_1 &= 2.2\mu F & C_2 &= 100nF \end{aligned}$$

以上资料仅供参考