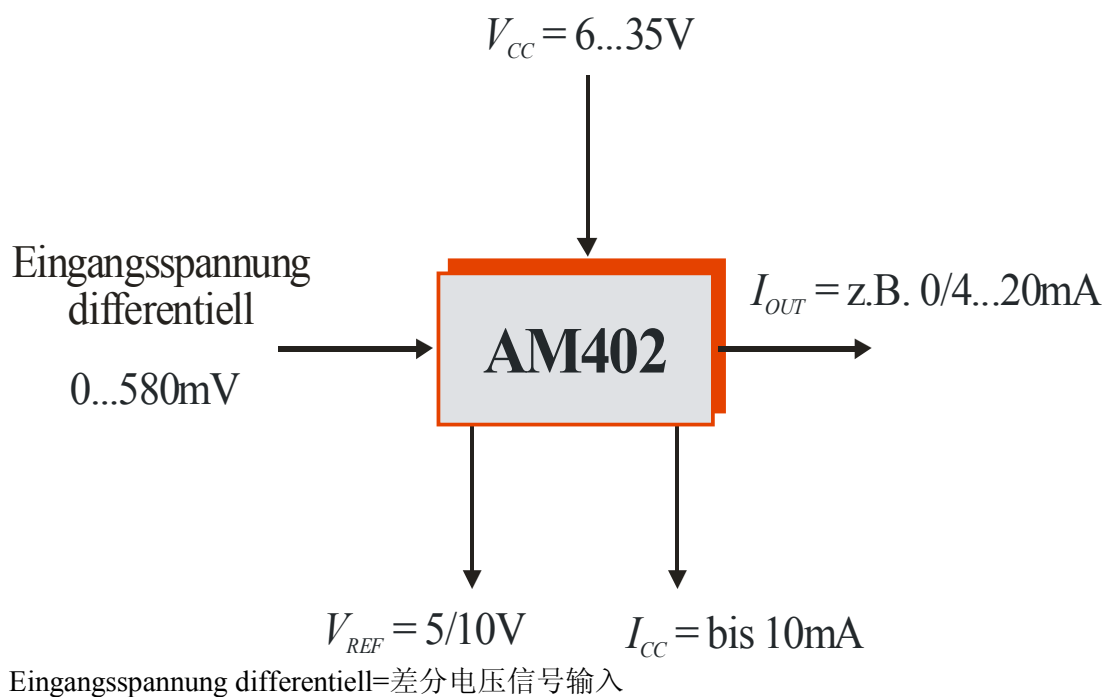


基本功能特点

差分信号放大转换成电流输出
 集成了多种电路保护功能
 集成了可给外接电路提供的恒压源



典型应用

- 可调的电压转换电流电路(U/I)
- 带有可调电流源的电压调准电路
- 差分信号输入的仪表放大器接口电路
- 工业用的二线或三线制的电流输出
- 传感器信号处理
- 应用例子：基本应用例子

目录

目录	2
特点	3
简要	3
电路方框图	3
电路参数	4
外接元件的取值范围	5
AM402 应用介绍	6
AM402 的二线制或三线制电流输出	6
常用的二线制和三线制的电流输出应用	7
二线制和三线制的电路接法	7
工作电压的选择:	8
具体应用	9
典型的三线方式输出应用 (0/4-20mA)	9
典型的二线方式输出应用 (4-20mA)	10
电路方框图和管脚示意图	12
贴片外形尺寸	13
参考文献	13
备注	13
基本应用举例	14

特点

- 宽的工作电压范围 (6...35V)
- 宽的工作温度范围 (-40°C...+85°C)
- 可调的恒压源 (5 - 10V)
- 内置的仪表放大器 (输入范围大)
- 放大倍数可调
- 零点偏置可调
- 二线制电流输出 4...20mA
- 三线制电流输出 0/4...20mA
- 极性保护
- 短路保护
- 输出电流限制保护
- 输入电压限制保护
- 符合 RoHS 环保标准

简要

AM402 是一个用于处理差分电桥信号的电压转换成电流输出的工业用的集成电路，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。它可以用二线方式输出 (4...20mA) 或者三线方式 (0/4...20mA) 输出。AM402 有三个功能模块组成：一个用于差分输入信号放大的高精度仪表放大器 (IA)，一个可调的恒压源 (4.5 至 10V)，它可以作为基准源使用或者可以给外接元器件提供 4.5 到 10V 的工作电压 (10mA)。一个由电压控制的电流输出级 (V/I) 组成。

电路方框图

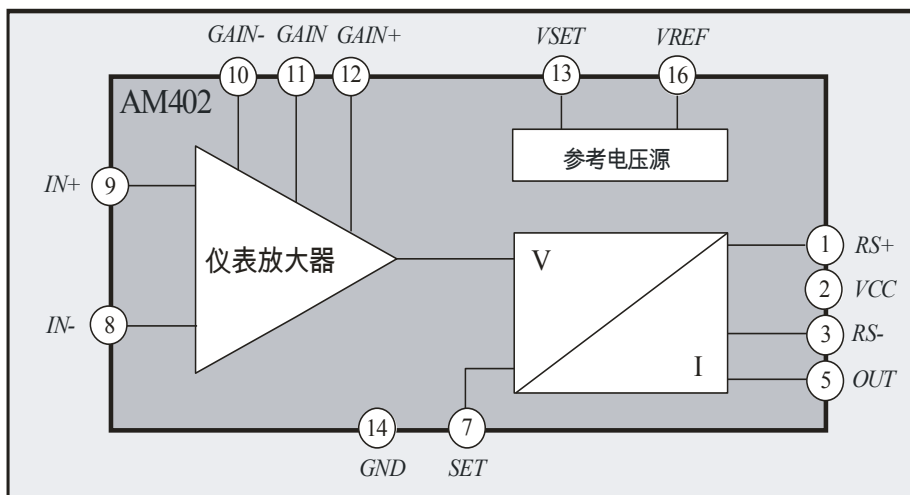


图 1: AM402 电路方框图

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
温度参数						
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	$^{\circ}\text{C}$
参考电压						
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	$T_{amb} = -40\dots+85^{\circ}\text{C}$		± 90	± 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	μF
调整级						
内置增益	G_{SET}		0.47	0.5	0.57	
输入电压	V_{SET}		0		1.15	V
失调电压	V_{OS}			± 0.5	± 2.5	mV
V_{OS} 的温度系数	dV_{OS}/dT			± 1.6	± 5	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
输入偏置电流	I_B			8	20	nA
I_B 的温度系数	dI_B/dT			7	18	pA/ $^{\circ}\text{C}$
仪表放大器						
可调增益	G_{IA}		1	5		
差分输入电压范围	V_{IN}	$SET = GND$	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}			± 1	± 3	mV
V_{OS} 的温度特性	dV_{OS}/dT			± 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

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V/I 电压电流转换						
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}	$F \geq 100$		± 2	± 6	mV
V_{OS} 的温度系数	dV_{OS}/dT	$F \geq 100$		± 7	± 20	$\mu V/^\circ C$
输出失调电流	I_{OUTOS}	三线方式		-35	-50	μA
I_{OUTOS} 的温度特性	dI_{OUTOS}/dT	三线方式		55	80	nA/°C
输出失调电流	I_{OUTOS}	二线方式		14	22	μA
I_{OUTOS} 的温度特性	dI_{OUTOS}/dT	二方式		22	35	nA/°C
输出控制电流	I_{OUTC}	二线方式		5		μA
I_{OUTC} 的温度特性	dI_{OUTC}/dT	二线方式		-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}	$I_{OUT} = V_{R0}/R_0$, 三线方式		20		mA
输出阻抗	R_{OUT}		0.5	1.0		M Ω
负载电容	C_L		0		500	nF
保护功能						
在 R_0 上的电压极限值	V_{LIMR0}	$V_{R0} = V_{IN} G_{LA}, SET = GND$	590	640	850	mV
	V_{LIMR0}	$V_{IN} = 0, V_{R0} = V_{SET}/2$	580	635	690	mV
极性反接保护		Ground vs. V_S vs. I_{OUT}			35	V
极性反接时的电流		Ground = 35V, $V_S = I_{OUT} = 0$		3.8		mA
系统参数						
非线性		理想输入		0.05	0.15	%FS

表 1: AM402 电路参数

*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	Ω
	R_0	$c = 20mA/I_{OUTFS}$	$c \cdot 20$	$c \cdot 25$	$c \cdot 29$	Ω
稳定电阻	R_5	$I_{OUTFS} = 20mA$	35	40	45	Ω
	R_5	$c = 20mA/I_{OUTFS}$	$c \cdot 35$	$c \cdot 40$	$c \cdot 45$	Ω
负载电阻	R_L	limitation only for 3-wire operation	0		500	Ω
增益调整电阻之和	$R_1 + R_2$		25		50	k Ω
偏置调整电阻之和	$R_3 + R_4$		20		200	k Ω
V_{REF} 的电容	C_1		1.9	2.2	5.0	μF
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	β_F	BCX54/55/56 e.g.	50	150		

表 2: 外接元件的取值范围

要注意外接三极管的电流放大倍数 β 在任何情况下不应该小于 50。

Shanghai Yunsheng microelectronics CO., LTD.

上海芸生微电子有限公司

通讯地址: 上海市金都路 3000 号 1422 室

邮政编码: 201108

Mai 2010

电话: +86 (0)21/22816948

传真: +86 (0)21/33586462

Rev 4.0

Page 5/14

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 (见图 6 和图 7)。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 是由 3 个基本单元组成, 如图 1 所示:

1. 一个高精度的前置仪表放大器输入级, 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 R_1+R_2 数值范围来选择。在差分信号输入时, 要注意信号的正负方向。
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, 就可以使输出偏置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 T_1 的输出电流 I_{OUT} 是由集成电路的输出脚 5 (I_{OUT}) 所输出的电压来控制。
3. 一个可调的参考电压级 V_{REF} ($V_{SET}=\text{空 } 5V$ 或 $V_{SET}=\text{接地 } 10V$) 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。

AM402 应用介绍

AM402 的二线制或三线制电流输出

AM402 可以用作为二线方式或者三线方式输出的电流接口电路。在二线制电流输出应用中, 输出的带有零点偏置电流的信号比如 4...20mA 或者 6...18mA。在三线制电流输出应用中, 可以是带有偏置电流的 4-20mA 也可以是偏置为零的 0...20mA。

因此在具体的应用中要分清楚。

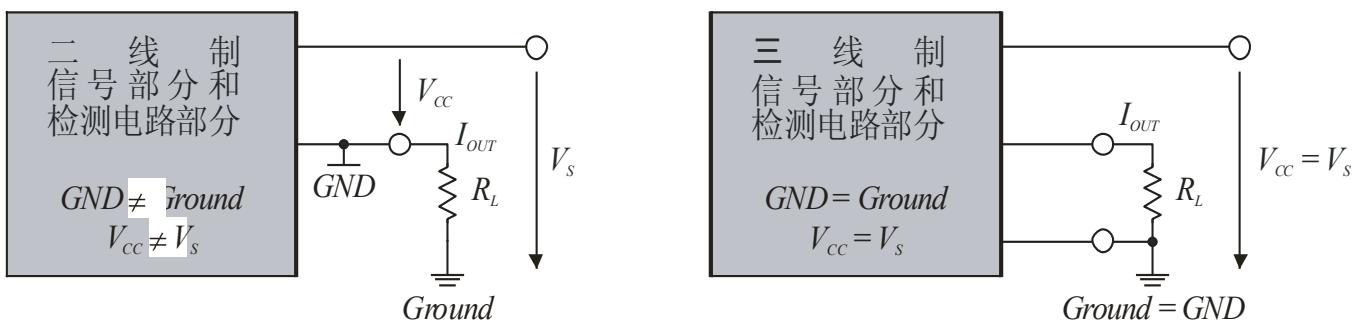


图 2: 二线制或三线制电流输出的原理

常用的二线制和三线制的电流输出应用

三线方式输出的工作原理见图 2 右。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 2 左和图 8，此时的管脚 7 (**GND** 虚地) 是接在的 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：

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

二线制和三线制的电路接法

三线制方式时（图 2 右和图 3），集成电路的地线（**GND**）是与系统的大地相连的。系统的电源电压 V_S 同管脚（**VCC**）和管脚（**Pin RS+**）相连的。此时集成电路的工作电压和电源电压是一样的 $V_{CC} = V_S$ 。

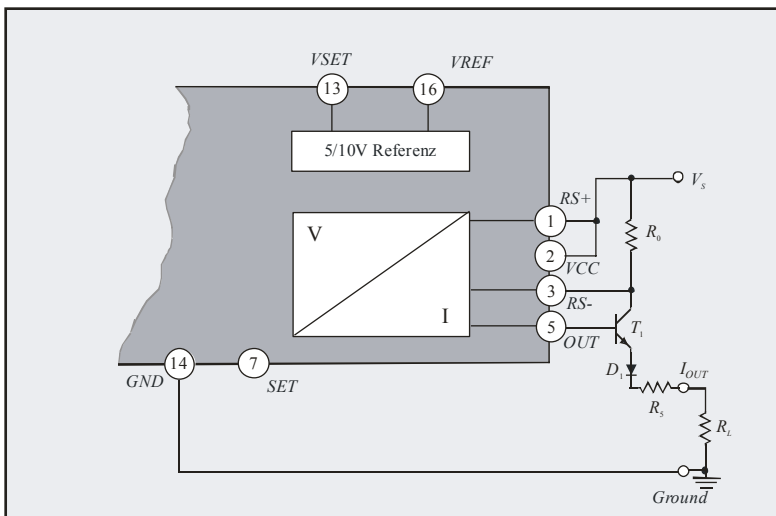


图 3: AM402 三线制方式电路接法

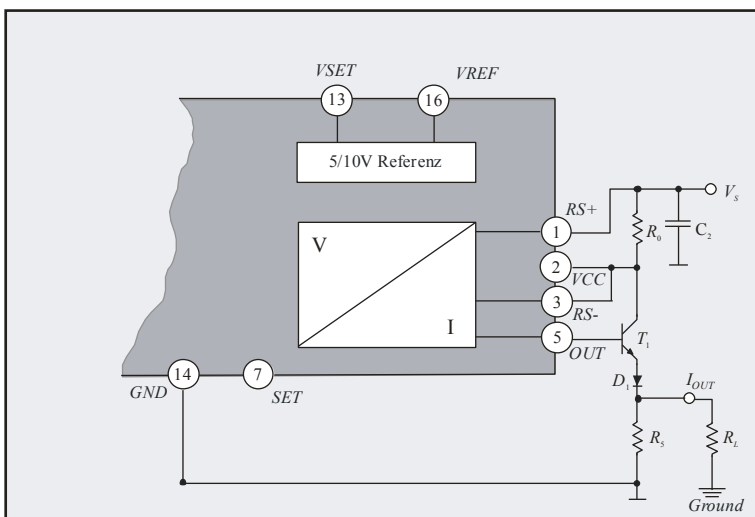


图 4: AM402 的二线制方式电路接法

二线制（图 2 左和图 4）电流输出中，系统的供电电压 V_S 是与管脚 $RS+$ 相连，管脚 V_{CC} 与管脚 $RS-$ 相连。集成电路的接地（管脚 GND ，亦称虚地）与 R_S 和负载电阻 R_L （电流输出 I_{OUT} ）相连接，此时集成电路的接地 GND （虚地）与外界系统的大地 $Ground$ 是不同的。输出电流的信号是通过负载电阻 R_L 上的压降来取得，电流 I_{OUT} 通过负载电阻 R_L 流向大地 $Ground$ 。

在二线制电流输出中，集成电路的接地是虚地（悬浮地），它的工作电压 V_{CC} 是随着输出电流而变化的（负载电阻为常数）。计算式子如下：

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

在二线制电流输出中，集成电路和负载电阻 R_L 是一个电流回路。

输出电流范围的调整

在输出电流偏置调整时第一步必须将仪表放大器的输入端短接 ($V_{IN} = 0$)，同时要注意仪表放大器的输入端要处于电路参数表内给出的输入共模电压 $CMIR$ 范围之内。随着输入端的短路得出输出电流就是偏置电流 $I_{OUT} = I_{SET}$ ，

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

输出电流的满度值（比如 16mA）是通过外接电阻 R_1 和 R_2 来调节的（运算放大器的放大倍数），最大输出电流（满度）是通过传递函数定义的。输出电流 I_{OUT} 为：

$$I_{OUT} = V_{IN} \frac{G_{IA}}{R_0} + I_{SET} \quad (3)$$

仪表放大器的放大倍数 $G_{IA} = 1 + R_1/R_2$ 通过输入电压信号 V_{IN} 和输出最大电流 I_{OUTmax} 来决定。

工作电压的选择：

V_{CCmin} 是集成电路的最小工作电压， V_{CCmin} 要符合下式以保证参考电压源 V_{REF} 正常工作：

$$V_{CCmin} \geq V_{REF} + 1V \quad (4)$$

电源电压 V_S 与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：

$$V_S \geq I_{OUTmax}R_L + V_{CCmin} \quad (5)$$

图 5 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。

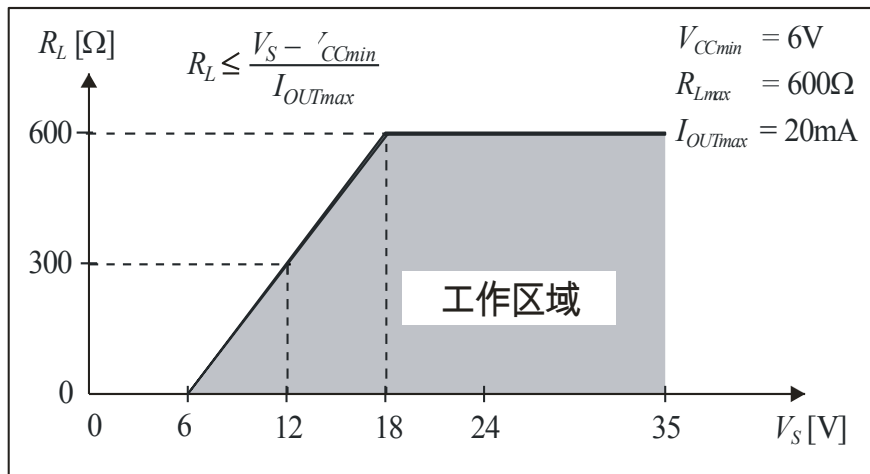


图 5: 负载电阻与工作电压的关系

具体应用

典型的三线方式输出应用 (0/4–20mA)

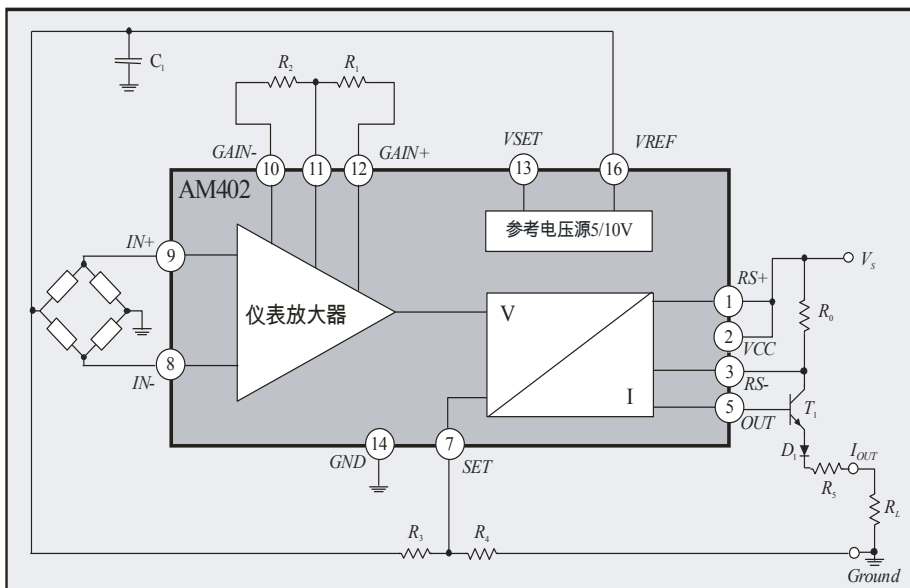


图 6: 典型的三线制电流输出应用

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。增益 G_{IA} 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 3，输出电流 I_{OUT} 是：

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

由 (公式 2) 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 (公式 5) 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 $I_{OUT}=4\ldots 20mA$

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

(由公式 3 计算出 $G_{IA} = 8$)

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

例子 2：输出电流范围 $I_{OUT}=0\ldots 20mA$

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

(由公式 3 计算出 $G_{IA} = 2$)

$$\begin{array}{llll} R_0 = 25\Omega & R_1 = 22k\Omega & R_2 = 22k\Omega & R_5 = 40\Omega \\ R_3, R_4, R_3, R_4 \text{ 不用, 管脚 7 (SET = 接地 GND)} & R_L = 0\ldots 500\Omega & C_1 = 2.2\mu F & \end{array}$$

典型的二线方式输出应用 (4–20mA)

在二线方式输出时，管脚 2 (VCC) 和管脚 3 (RS-1) 相连，管脚 14 (GND, \perp 内置虚地) 与负载电阻相连 (图 7)。

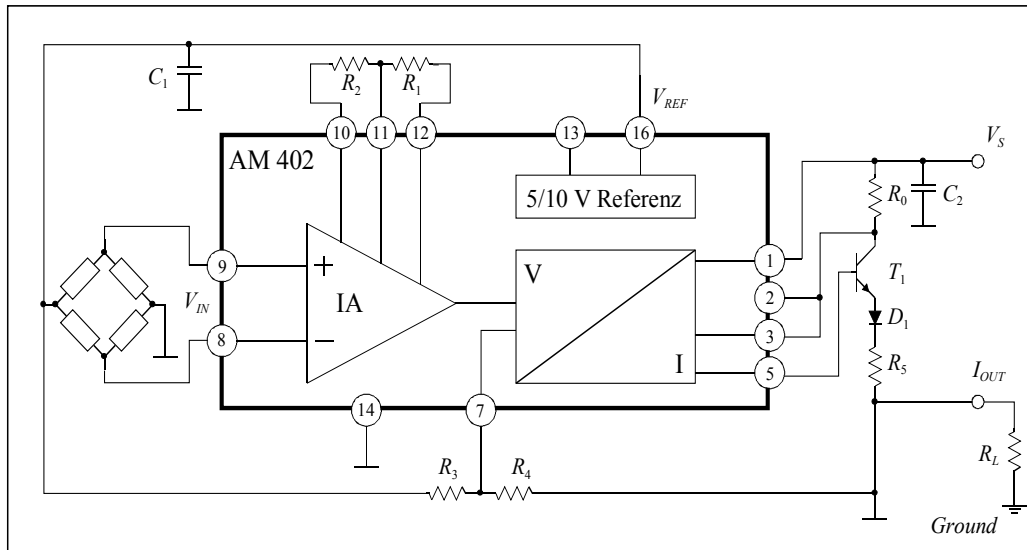


图 7: 典型的二线制电流输出应用

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 3, 输出电流 I_{OUT} 是:

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

由公式 2, 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 (公式 5), 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:

$$\begin{array}{lllll} R_0 = 25\Omega & R_1 = 22k\Omega & R_2 = 22k\Omega & R_3 = 100k\Omega & R_4 = 0 \dots 5k\Omega \\ R_5 = 40\Omega & R_L = 0 \dots 500\Omega & C_1 = 2,2\mu F & C_2 = 100nF & \end{array}$$

电路方框图和管脚示意图

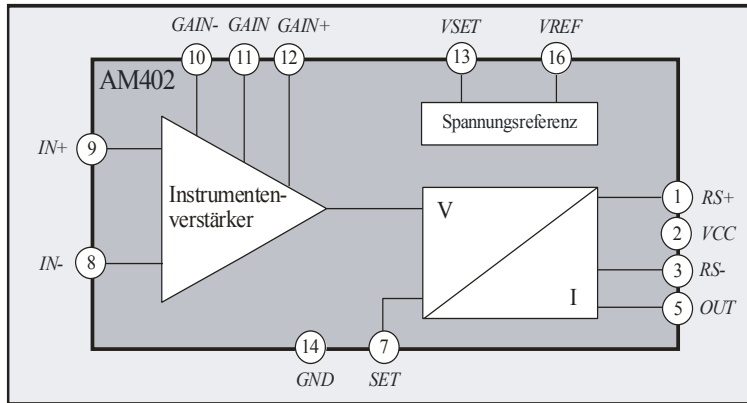


图 8: AM402 电路方框图

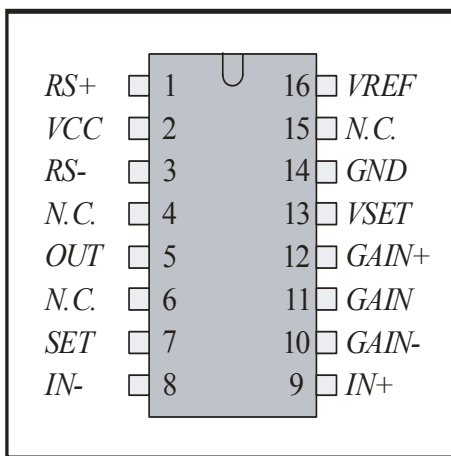


图 9: AM402 管脚示意图

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

表 3: 管脚名称

封装外形

AM402 可以提供不同规格的封装外形:

- 16-Pin-DIL (auf Anfrage)
- SO16 (n)
- Dice im 6“ Waferverbund (Auf Anfrage)

贴片外形尺寸

见网站文件: package.pdf

参考文献

- [1] 架集成电路的设计: <http://www.Frame-ASIC.de/>
- [2] AMG 公司网站: <http://www.analogmicro.de/> www.sym-china.com/

备注

基本应用举例

- 作为电压电流转换电路

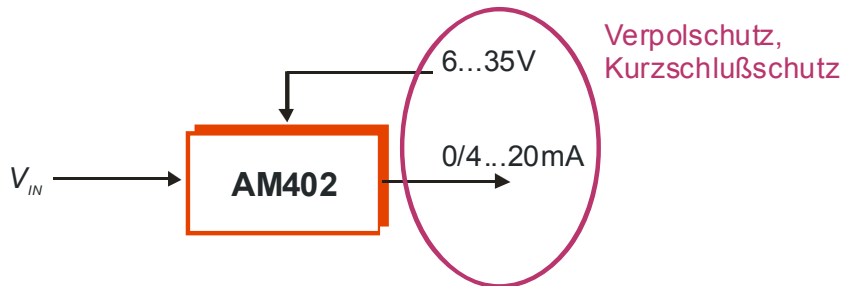


图 10: 作为电压电流转换电路

- 微处理器的周边电路（模拟标准电流输出，供电电源，保护功能）

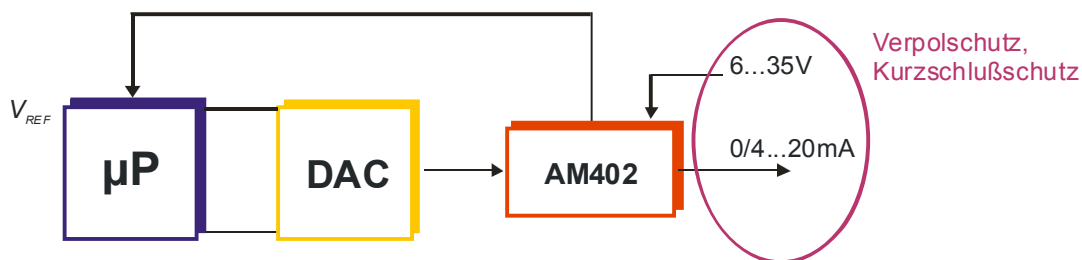


图 11: 微处理器的周边电路（模拟标准电流输出，供电电源，保护功能）

以上资料仅供参考