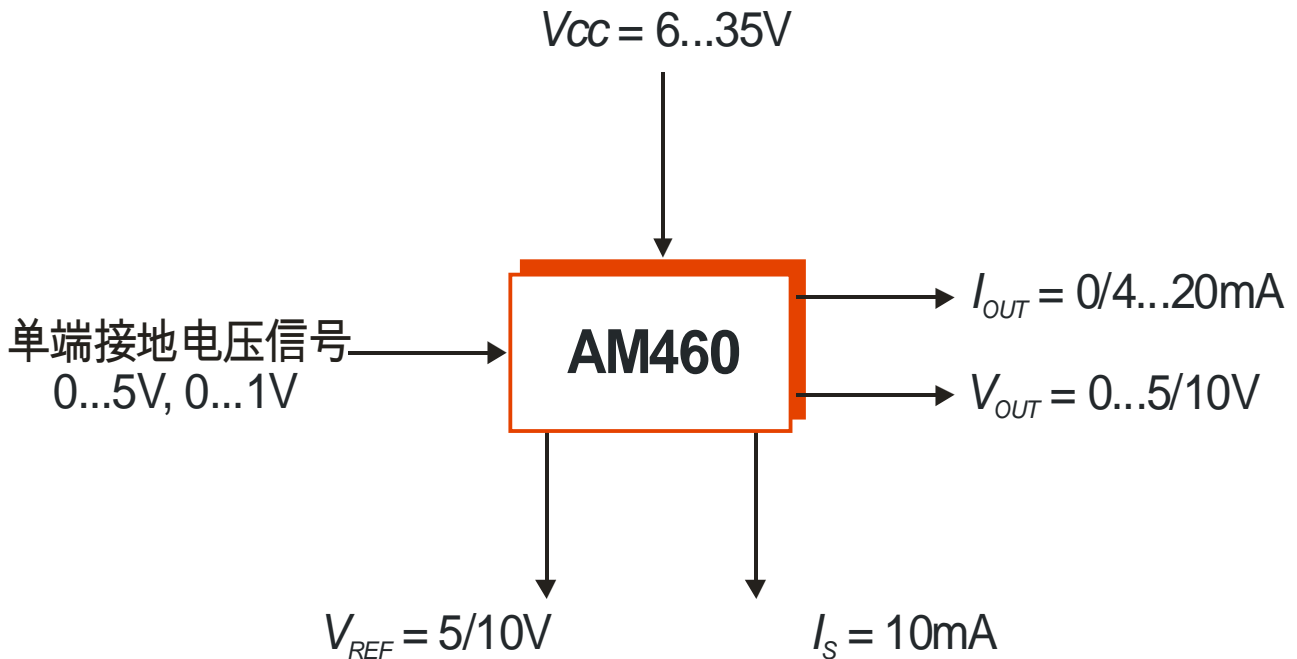


## 基本功能特点

单端接地电压信号放大转换成  
电压电流平行输出（0/4-20mA 和 0—5/10V）  
内置多种电路保护功能  
可调的恒流/恒压源



## 典型应用

- 阻抗变换电路 r
- 可调的恒压/恒流源
- 带有保护的工作电压变换
- 对微处理器具有保护功能的工作电压输出
- 微处理器的周边电路（供电、保护、工业标准模拟输出）

## 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

邮编：201108

电话/传真：021-22816948/33586462

网址：www.sym-china.cn

E-Mail: zzhijun@126.com

März 2003

1/15

Rev. 1.1

## 目录

特点:	3
简介:	3
电路方框图	3
电路参数:	4
外接元件的取值范围	6
工作原理简介	6
AM460 的调试:	7
二线制或三线制的电流输出原理:	7
输出电压的调整:	8
输出电流的调整:	8
工作电压的选择:	8
运算放大器 OP2 作为可调恒流源:	9
运算放大器 OP2 作为可调恒压源:	9
AM460 的应用要点:	10
具体应用:	10
典型的三线制电路应用:	10
典型的二线制应用电路	11
AM460 的电路方框图和管脚示意图:	13
基本应用举例	14
封装外型:	15
参考文献	15

## 图表目录:

表 1: AM460 的管脚名称

图 1: AM460 电路方框图

图 2: 带有外围电路的电压电流输出的电路方框

图 3: 二线制和三线制电流输出原理

图 4: 负载电阻与工作电压的关系

图 5: 恒流源电路

图 6: 恒压源电路

图 7: 单端接地信号变送的典型应用

图 8: 单端接地的信号变送的二线制应用

图 9: AM460 的电路方框图

图 10: AM460 的管脚示意图

图 11: 单端接地信号电压电流平行变送输出 (输出保护, 阻抗变换等)

图 12: 微处理器的周边电路 (供电、保护、工业标准模拟输出)

图 13: 应用于传感器信号输出为 0.5-4.5V 的电压电流转换

特点：

- 宽的工作电压范围：6...35V
- 宽的工作温度范围：-40°C...+85°C
- 可调的参考电压源：4.5 到 10V
- 附加的恒压/恒流源
- 带有输出驱动级的运算放大器
- 增益可调
- 工业标准的电压电流平行输出(0...5/10V)和(0/4...20mA)
- 极性保护和短路保护
- 输出电流限制保护
- 低成本，可替代大量分立元件
- 二线制和三线制电流输出

简介：

AM460 是一个多用途的放大和电压电流二路平行输出的带有多种保护功能的集成电路。它由一个可调增益的放大电路和二路电压电流平行输出的电路组成。另外，有一个恒压源可用于外接电路的供电电源；有一个附加的运算放大器可作为可调的恒流/恒压源，既可给外接电路供电，也可用于电压比较器。AM460 的一个重要功能是具有多种保护功能，比如：极性保护和输出电流限制保护。应用 AM460 可以简单地将单端接地电压信号经放大转换成工业标准的电压电流二路平行输出(0-5/10V；0/4-20mA)，特别适用于微处理器的周边电路（供电、保护、模拟标准输出）和传感器的变送电路等。

电路方框图

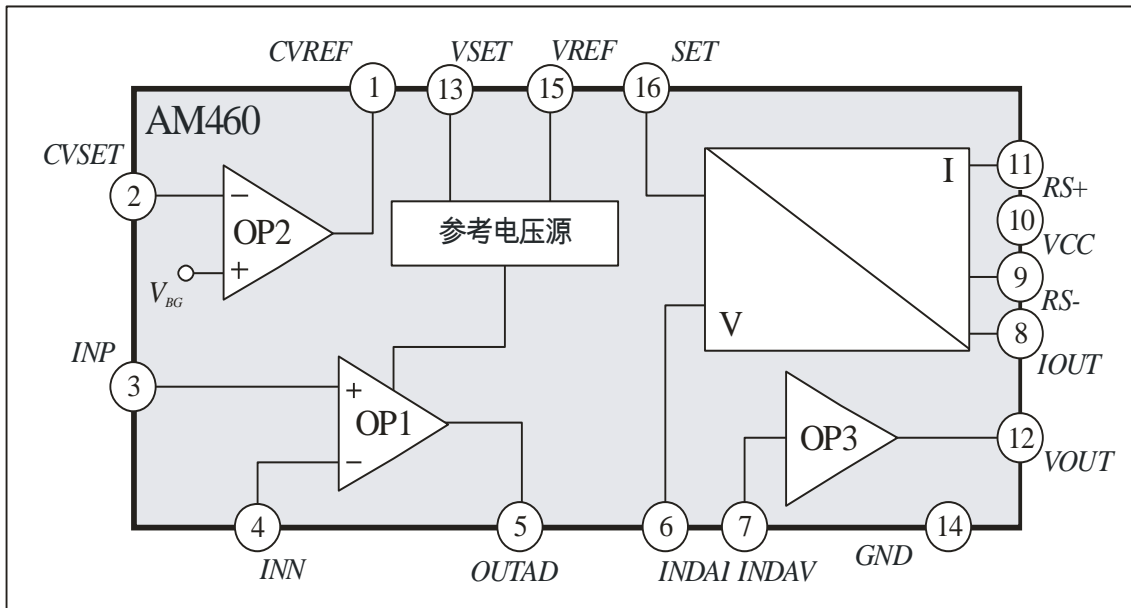


图1：AM460 电路方框图

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), 电流流向集成电路为负

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>温度特性</b>						
可靠的工作温度范围	$T_{amb}$		-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	$^{\circ}\text{C}$
热温度系数	$\Theta_{ja}$	DIL16 塑封		70		$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
	$\Theta_{ja}$	SO16 塑封		140		$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
<b>参考电压源</b>						
电压	$V_{REF}$	$VSET$ 不接	4.75	5.00	5.25	V
	$V_{REF10}$	$VSET = GND$ , $V_{CC} \geq 11\text{V}$	9.5	10.0	10.5	V
可调范围	$V_{REFADJ}$		4.5		$V_{REF10}$	V
输出电流	$I_{REF}^*$		0		10.0	mA
电压 $V_{REF}$ 的温度系数	$dV_{REF}/dT$	$T_{amb} = -40\dots+85^{\circ}\text{C}$		$\pm 90$	$\pm 140$	ppm/ $^{\circ}\text{C}$
参考电压稳定特性	$dV_{REF}/dV$	$V_{CC} = 6\text{V}\dots 35\text{V}$		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
参考电压负载特性	$dV_{REF}/dI$			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>电流/电压源 OP2</b>						
内置参考电压	$V_{BG}$		1.20	1.27	1.35	V
$V_{BG}$ 的温度系数	$dV_{BG}/dT$	$T_{amb} = -40\dots+85^{\circ}\text{C}$		$\pm 60$	$\pm 140$	ppm/ $^{\circ}\text{C}$
电流源: $I_{CV} = V_{BG}/R_{SET}$						
可调电流范围	$I_{CV}^*$		0		10	mA
输出电压范围	$V_{CV}$	$V_{CC} < 19\text{V}$	$V_{BG}$		$V_{CC} - 4$	V
	$V_{CV}$	$V_{CC} \geq 19\text{V}$	$V_{BG}$		15	V
电压源: $V_{CV} = V_{BG} (1 + R_7 / R_6)$						
可调电压范围	$V_{CV}$	$V_{CC} < 19\text{V}$	0.4		$V_{CC} - 4$	V
	$V_{CV}$	$V_{CC} \geq 19\text{V}$	0.4		15	V
输出电流范围	$I_{CV}^*$	输出电流			10	mA
	$I_{CV}$	流入电流			-100	$\mu\text{A}$
负载电容	$C_L$	输出电流时	0	1	10	nF
<b>运算放大器增益级 (OP1)</b>						
可调增益	$G_{GAIN}$		1			
输入范围	$I_R$	$V_{CC} < 10\text{V}$	0		$V_{CC} - 5$	V
	$I_R$	$V_{CC} \geq 10\text{V}$	0		5	V
输出电压稳定特性	$PSRR$		80	90		dB
输入失调电压	$V_{OS}$			$\pm 0.5$	$\pm 2$	mV
$V_{OS}$ 的温度系数	$dV_{OS}/dT$			$\pm 3$	$\pm 7$	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
输入偏置电流	$I_B$			10	25	nA
$I_B$ 的温度系数	$dI_B/dT$			7	20	pA/ $^{\circ}\text{C}$

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>运算放大器增益级 (OP1)</b>						
输出电压限制	$V_{LIM}$			$V_{REF}$		V
输出电压范围	$V_{OUTAD}$	$V_{CC} < 10V$	0		$V_{CC} - 5$	V
	$V_{OUTAD}$	$V_{CC} \geq 10V$	0		$V_{REF}$	V
负载电容	$C_L$				250	pF
<b>运算放大器输出级 (OP3)</b>						
内置增益	$G_{OP}$		2.15	2.20	2.25	
可调范围	$IR$	$V_{CC} < 11V$	0		$V_{CC} - 5$	V
	$IR$	$V_{CC} \geq 11V$	0		6	V
输出电压稳定特性	$PSRR$		80	90		dB
输入失调电压	$V_{OS}$			$\pm 0.5$	$\pm 2$	mV
$V_{OS}$ 的温度系数	$dV_{OS}/dT$			$\pm 3$	$\pm 7$	$\mu V/^\circ C$
输入偏置电流	$I_B$			10	25	nA
$I_B$ 的温度系数	$dI_B/dT$			7	20	pA/^\circ C
输出电压范围	$V_{OUT}$	$V_{CC} < 19V$	0		$V_{CC} - 5$	V
	$V_{OUT}$	$V_{CC} \geq 19V$	0		14	V
输出电流限制	$I_{LIM}$	$V_{OUT} \geq 10V$	5	7	10	mA
输出电流	$I_{OUT}$		0		$I_{LIM}$	mA
负载电阻	$R_L$		2			k $\Omega$
负载电容	$C_L$				500	nF
<b>V/I 转换</b>						
内置增益	$G_{VI}$			0.125		
可调范围		通过 $R_0$ 可微调	0.75	1.00	1.25	
在 $R_0$ 上满量程电压范围	$V_{ROFS}$		350		750	mV
失调电压	$V_{OS}$	$\beta_F \geq 100$		$\pm 2$	$\pm 4$	mV
$V_{OS}$ 的温度系数	$dV_{OS}/dT$	$\beta_F \geq 100$		$\pm 7$	$\pm 14$	$\mu V/^\circ C$
输入阻抗	$R_{IN}$		120	160		k $\Omega$
$R_{IN}$ 的温度系数	$dR_{IN}/dT$		0.2	0.3		k $\Omega/^\circ C$
输出失调电流	$I_{OUTOS}$	三线制		-25	-35	$\mu A$
$I_{OUTOS}$ 的温度系数	$dI_{OUTOS}/dT$	三线制		16	26	nA/^\circ C
输出失调电流	$I_{OUTOS}$	二线制		9.5	14	$\mu A$
$I_{OUTOS}$ 的温度系数	$dI_{OUTOS}/dT$	二线制		6	8	nA/^\circ C
输出控制电流	$I_{OUTC}$	二线制, $V_{RO}/100mV$		6	8	$\mu A$
$I_{OUTC}$ 的温度系数	$dI_{OUTC}/dT$	二线制		-10	-15	nA/^\circ C
输出电压范围	$V_{OUT}$	$V_{OUT} = R_L I_{OUT}, V_{CC} < 18V$	0		$V_{CC} - 6$	V
	$V_{OUT}$	$V_{OUT} = R_L I_{OUT}, V_{CC} \geq 18V$	0		12	V
输出电流 FS	$I_{OUTFS}$	$I_{OUT} = V_{RO}/R_0$ , 三线制		20		mA
输出阻抗	$R_{OUT}$		0.5	1.0		M $\Omega$
负载电容	$C_L$		0		500	nF
<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	$V_{OS}$			$\pm 0.5$	$\pm 1.5$	mV
$V_{OS}$ 的温度系数	$dV_{OS}/dT$			$\pm 1.6$	$\pm 5$	$\mu V/^\circ C$
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 C

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>保护功能</b>						
在 $R_0$ 上的电压限制	$V_{LIMR0}$	$V_{R0} = V_{INDAI} G_{VI}, SET = GND$	580	635	690	mV
极性保护	$V_{LIMR0}$	$V_{INDAI} = 0, V_{R0} = G_{SET} V_{SET}$ $Ground$ vs. $V_S$ vs. $V_{OUT}$ $Ground$ vs. $V_S$ vs. $I_{OUT}$	580	635	690	mV V V
电路保护时电流		$Ground = 35V, V_S = I_{OUT} = 0$		4.5		mA
<b>系统参数</b>						
非线性		理想输入		0.05	0.15	%FS

\*在二线制中， $I_{OUTmin} - I_{CC}$  的最大差值

## 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	$R_0$	$I_{OUTFS} = 20mA$	17	27	38	$\Omega$
稳定电阻	$R_0$	$c = 20mA/I_{OUTFS}$	$c \cdot 17$	$c \cdot 27$	$c \cdot 38$	$\Omega$
稳定电阻	$R_5$	$I_{OUTFS} = 20mA$	35	40	45	$\Omega$
负载电阻	$R_5$	$c = 20mA/I_{OUTFS}$	$c \cdot 35$	$c \cdot 40$	$c \cdot 45$	$\Omega$
增益电阻之和	$R_L$		0		600	$\Omega$
调零电阻之和	$R_1 + R_2$		20		200	k $\Omega$
$V_{REF}$ 电容	$R_3 + R_4$		20		200	k $\Omega$
输出电容	$C_1$	陶瓷电容	1.9	2.2	5.0	$\mu F$
$D_1$ 二极管击穿电压	$C_2$	仅用于二线制	90	100	250	nF
$T_1$ 三极管电流放大倍数	$V_{BR}$		35	50		V
	$\beta_F$	BCX54/55/56 for example	50	150		

## 工作原理简介

AM460 是一个用于单端接地电压信号转换成工业标准电压电流平行输出的集成电路，可同时输出电压 0-5/10V 和电流 0/4-20mA。它还有多种保护功能和带有恒压源和恒流源，可以给外接电路提供激励电源。AM460 是由几个功能模块和少量的必要的外接元件组成，这些外接元件的取值范围已在表中列出。这些功能模块如 OP1, OP2, OP3, V/I 转换，电压/电流源可以通过外接元件联接共同使用也可以单独使用，下面简单介绍如下：

1. 运算放大器 OP1 可放大输入的单端接地的正信号。放大倍数  $G_{GAIN}$  可通过  $R_1$  和  $R_2$  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。在管脚 5OUTAD 上的输出电压  $V_{OUTAD}$  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  $V_{INP}$  为在管脚 3INP 上的输入信号。

2. 带有输出电流限制和极性保护的运算放大器输出级 (OP3) 可以输出工业标准的电压信号  $V_{OUT}$ 。它的增益是固定的为  $G_{OP} = 2,2$ 。OP3 是具有一定驱动输出能力的运算放大器，输出电流可达 10mA。在管脚 12VOUT 上的输出电压为：

$$V_{OUT} = G_{OP} \cdot V_{INDAV} \quad (2)$$

此处  $V_{INDAV}$  是在管脚 7INDAV 的电压 (OP3 的输入级)。

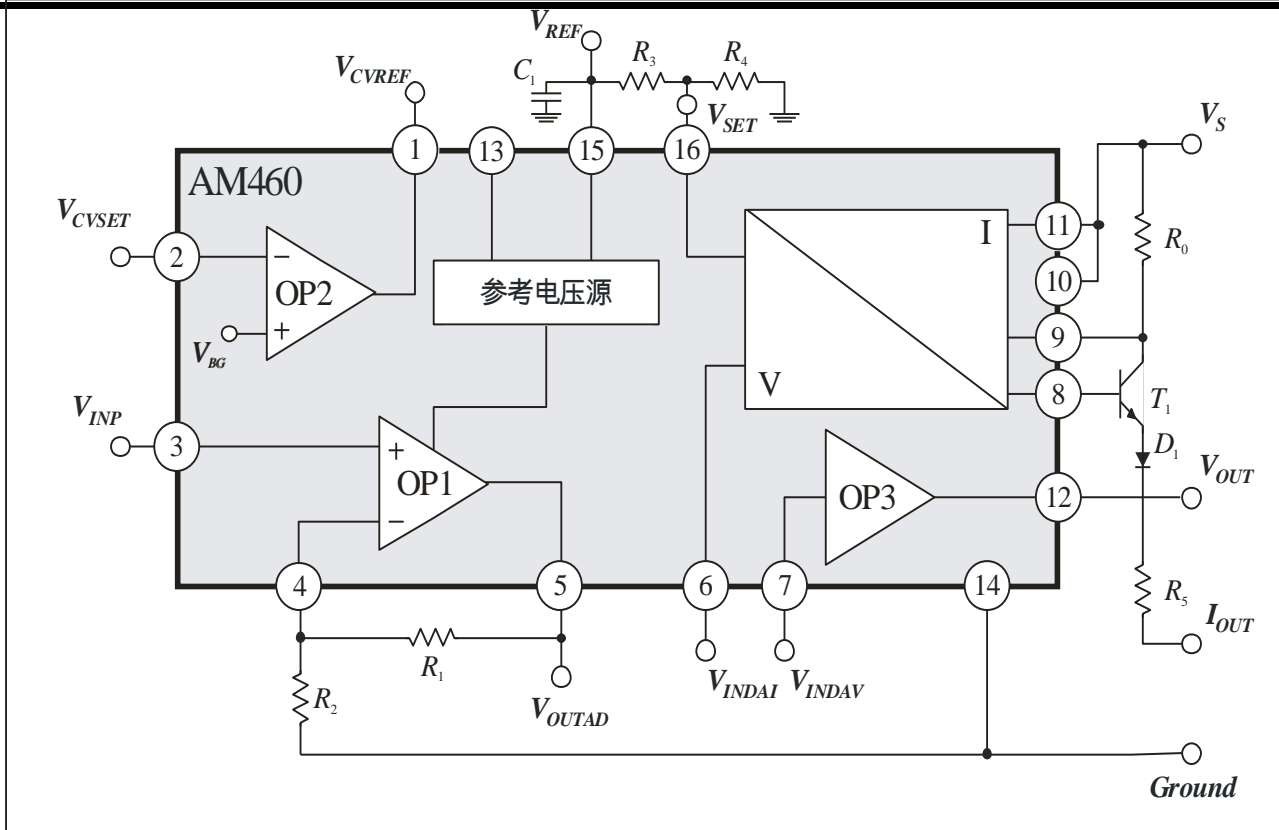


图 2: AM460 的外接元件电路图 (三线制)

3. 电压电流转换级  $V/I$  在管脚  $8I_{OUT}$  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 (可借助于恒压源和电阻分压)。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:

$$I_{OUT} = \frac{V_{INDAI}}{8R_0} + I_{SET} \quad \text{和} \quad I_{SET} = \frac{V_{SET}}{2R_0} \quad (3)$$

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

4. 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  $10\text{mA}$ ,  $V_{REF}$  通过管脚  $13V_{SET}$  可调, 输出  $5\text{V}$  或  $10\text{V}$  电压, 也可以通过二个电阻调出  $5-10\text{V}$  之间的电压。接在管脚  $15V_{REF}$  上的电容  $C_1$  是为了稳定参考电压的输出, 它必须始终连接良好, 无论是否使用参考电压源。
5. 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  $V_{BG} (=1.27\text{V})$  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。

## AM460 的调试:

### 二线制或三线制的电流输出原理:

在三线制 (图) 电流输出中, 集成电路的接地 (管脚  $GND$ ) 是与外界系统的大地相连接的。系统的供电电压  $V_S$  是与管脚  $10V_{CC}$  和管脚  $11RS+$  相连接的。在三线制中集成电路的供电电压与系统的供电电压  $V_S$  是一致的,  $V_{CC} = V_S$ 。

在二线制（图）电流输出中，系统的供电电压  $V_S$  是与管脚 11RS+ 相连，管脚 10VCC 与管脚 9RS- 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。此处集成电路的接地（虚地）与外界系统的大地是不同的。输出电流的信号是通过负载电阻上的压降来取得。集成电路的供电电压  $V_{CC}$  是随着输出电流而变化的，计算式子如下：

$$V_{CC} = V_S - I_{OUT}(V_{IN})R_L \quad (4)$$

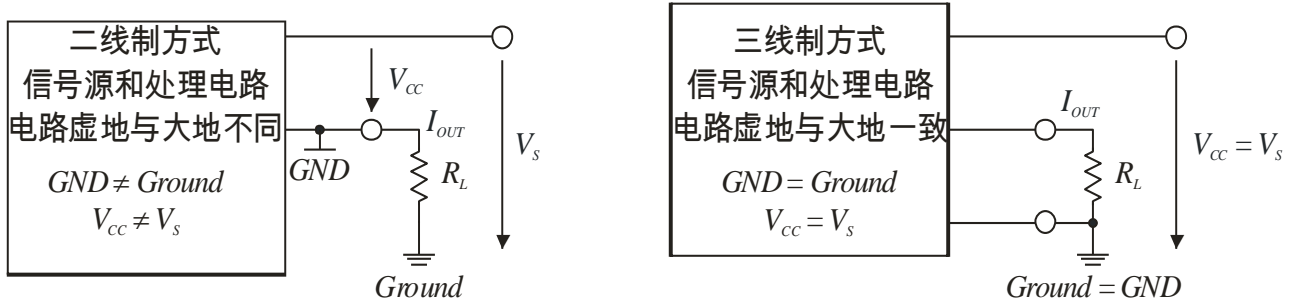


图 3：二线制或三线制电流输出的原理

**输出电压的调整：**

利用运算放大器 OP1 和 OP3 可以得到总的放大倍数  $G_{GAIN} \times G_{OP}$ 。根据式子 1 和 2，调整  $R_1$  和  $R_2$  可以得到输出电压为：

$$V_{OUT} = V_{INP} \cdot G_{GAIN} \cdot G_{OP} \quad (5)$$

其中  $G_{GAIN} = 1 + R_1/R_2$  和  $G_{OP} = 2,2$ 。

**输出电流的调整：**

当输入信号为零时 ( $V_{INP} = 0$ )，通过调整二个电阻  $V_3$  和  $V_4$ ，使输出电流  $I_{OUT}$  在  $V_{INP} = 0$  时为  $I_{SET}$ ，通常为 4mA，式子如下：

$$I_{OUT}(V_{INDAI} = 0) = I_{SET} = \frac{V_{REF}}{2R_0} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} \quad (6)$$

可得出  $R_3/R_4$  之比为：

$$\frac{R_3}{R_4} = \frac{V_{REF}}{2R_0 I_{SET}} - 1 \quad (7)$$

输出电流范围调整可通过外接电阻  $R_1$  和  $R_2$ （也可微调  $R_0$ ）来进行。根据式子1和3可得输出电流  $I_{OUT}$  为：

$$I_{OUT} = V_{INP} \frac{G_{GAIN}}{8R_0} + I_{SET} \quad \text{其中 } G_{GAIN} = 1 + \frac{R_1}{R_2} \quad (8)$$

**工作电压的选择：**

要使 AM460 正常工作，工作电压  $V_S$  的选择要注意符合集成电路的最小工作电压  $V_{CCmin}$ 。

- 电压输出时，系统的工作电压  $V_S$  与所要求输出电压的最大值  $V_{OUTmax}$  须满足下面式子：

$$V_S \geq V_{OUTmax} + 5V \quad (9)$$

- 电流输出时，系统的工作电压  $V_S$  与负载电阻  $R_L$  (最大为 600Ω) 是相互关联的，要符合下式：



$$V_S \geq I_{OUTmax} R_L + V_{CCmin} \tag{10}$$

这里的  $I_{OUTmax}$  是输出的最大电流， $V_{CCmin}$  是集成电路的最小工作电压， $V_{CCmin}$  要符合下式：

$$V_{CCmin} \geq V_{REF} + 1V \tag{11}$$

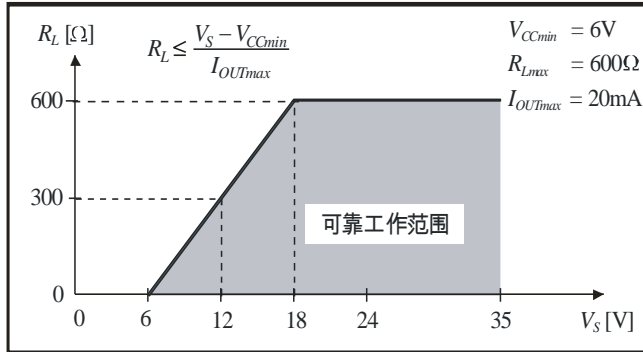


图 4：负载电阻与工作电压的关系

根据式子 10 所得出的工作电压与负载电阻的关系见图 4。

**运算放大器 OP2 作为可调恒流源：**

附加的运算放大器 OP2 通过简单的连接就可得到一个恒流源。根据图 5 的电路可以获得下面式子给出的恒流电流：

$$I_S = \frac{V_{BG}}{R_{SET}} = \frac{1,27V}{R_{SET}} \tag{12}$$

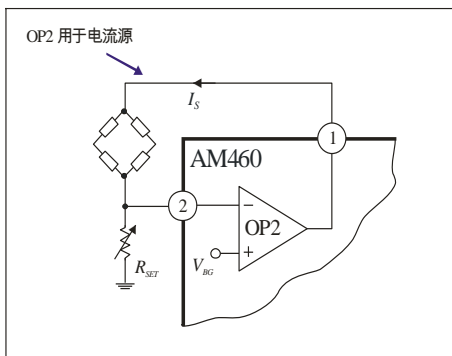


图 5：可调恒流源

在图 5 中的电桥是作为例子如外接的传感器或者元器件，它们需要恒流源来供电。

**例子1：**

如果需要恒流源  $I_S$  输出 1mA 的电流，根据式子12可得到外接电阻  $R_{SET}$  的数值如下：

$$R_{SET} = \frac{V_{BG}}{I_S} = \frac{1,27V}{1mA} = 1,27k\Omega$$

**运算放大器 OP2 作为可调恒压源：**

AM462 除了本身有一个恒压源之外，还可以利用运算放大器 OP2 作成可调恒压源。它可以为外接电路供电，比如：作为 A/D 转换电路和微处理器的工作电源。对于要求低电压供电（比如 3.3V）、小

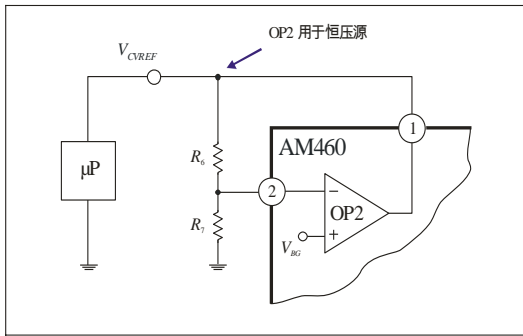


图 6: 恒压源电路

型化和低功耗等要求，那么 AM462 可以满足上述要求。通过如图 6 中的电路，调整  $R_6$  和  $R_7$  的比值关系，可得任意数值的恒压源，式子如下：

$$V_{CVREF} = V_{BG} \left( 1 + \frac{R_6}{R_7} \right) = 1,27V \left( 1 + \frac{R_6}{R_7} \right) \quad (13)$$

**例子2:**

如果需要一个恒压源  $V_{CVREF} = 3.3V$ ，借助式子 13 可计算出  $R_6$  和  $R_7$  的比值为：

$$\frac{R_6}{R_7} = \frac{V_{CVREF}}{V_{BG}} - 1 \approx 2,6 - 1 = 1,6$$

根据外接元件的取值范围可得到下式各元器件的值为：

$$R_7 = 10k\Omega \quad R_6 = 16k\Omega$$

**AM460 的应用要点:**

1. 当 AM460 工作时，外接电容  $C_1$  必须始终连接良好。 $C_1$  一般可采用高品质如陶瓷电容器等。电容器的数值在整个工作温度范围内应处在表中所列出的范围内。在二线制工作时，还必须接上一个附加的电容  $C_2$ 。
2. AM460 也可用在二线制工作，但系统的各个部分用电电流之和不能超过 4mA。
3. 所有没有使用的 AM460 的模块都应该连接到所规定的电位上。
4. 电压输出（管脚  $V_{OUT}$ ）负载电阻的最小值为 2k $\Omega$ 。
5. 电流输出负载电阻的最大值为 600 $\Omega$ 。
6. 外接电阻  $R_0$ 、 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$  和  $R_5$  必须符合外接元件的取值范围。

**具体应用:**

**典型的三线制电路应用:**

图 7 是一个三线制的应用电路，它把输入的单端接地电压信号经放大后转换成标准电流输出。没有被应用的模块如：运算放大器 OP2，它的管脚被连接到所规定的电位上。当然它可以作为其它电路的供电电源。

根据式子1和3，输出电压  $V_{OUT}$  由下式给出：

$$V_{OUT} = G_V V_{INP} \quad \text{其中} \quad G_V = G_{GAIN} \quad G_{OP} = \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \cdot 2,2 \quad (14)$$

根据式子 3，输出电流  $I_{OUT}$  由下式给出：

$$I_{OUT} = V_{INP} \cdot \frac{G_I}{8R_0} + I_{SET} \quad \text{其中 } G_I = G_{GAIN} = 1 + \frac{R_1}{R_2} \text{ 和 } I_{SET} = 0$$

**例子 3:**

如果在运算放大器 OP1 的输入端输入电压信号  $V_{INP}=0\ldots 1V$ ，并要求输出电流  $0\ldots 20mA$ （既管脚 16SET 应该接地 GND,  $I_{SET}=0$ ）和输出电压  $0\ldots 10V$ ，由式子 14 得出电压输出为：

$$V_{OUT} = V_{INP} \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot 2,2 \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{V_{OUT}}{2,2 \cdot V_{INP}} - 1 = \frac{10V}{2,2 \cdot 1V} - 1 \approx 3,55$$

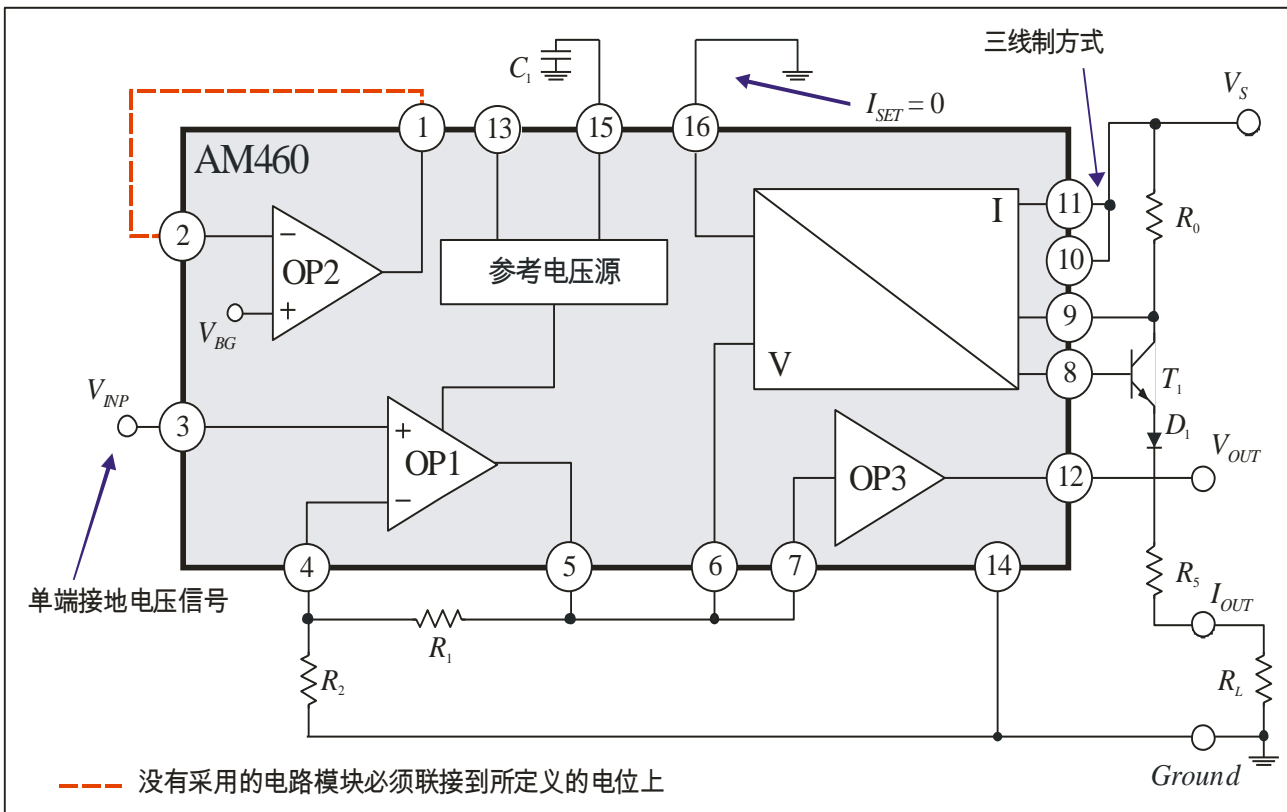


图 7：典型的电压电流平行输出应用电路

此时增益为  $G_{GAIN} = 1 + \frac{R_1}{R_2} = 4,55$

电流输出为：

$$I_{OUT} = V_{INP} \cdot \frac{G_I}{8R_0} + I_{SET} = V_{INP} \cdot \frac{G_{GAIN}}{8R_0} \Rightarrow R_0 = V_{INP} \cdot \frac{G_{GAIN}}{8I_{OUT}} = 1V \cdot \frac{4,55}{8 \cdot 20mA} \approx 28,44\Omega$$

根据外接元件的取值范围可得到下式各元器件的值为：

- $R_0 \approx 28,44\Omega$
- $R_1 \approx 35,5k\Omega$
- $R_2 = 10k\Omega$
- $R_5 = 39\Omega$
- $R_L = 0\ldots 600\Omega$
- $C_1 = 2,2\mu F$

**典型的二线制应用电路**

在二线制应用中，系统的供电电压  $V_S$  与管脚 11RS+ 相连，管脚 10VCC 与管脚 8RS- 相连。集成电路的接地（管脚 GND）与电阻  $R_5$  和负载电阻  $R_L$ （电流输出级  $I_{OUT}$ ）相连接。这个集成电路的接地

(GND, 虚地) 与系统的大地 (Ground) 是不同的, 输出电流  $I_{OUT}$  是经过负载电阻  $R_L$  流向系统的大地的。根据式子 3 得到输出电流  $I_{OUT}$  如下式:

$$I_{OUT} = V_{INP} \cdot \frac{G_I}{8R_0} + I_{SET} \quad \text{其中 } G_I = G_{GAIN} = 1 + \frac{R_1}{R_2} \quad \text{和 } I_{SET} = \frac{V_{REF}}{2R_0} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4}$$

**例子 4:**

如果在运算放大器 OP1 的输入端输入电压信号  $V_{INP}=0\sim 1V$ , 并要求输出电流  $4\sim 20mA$ , 则可得下式:

$$I_{OUT} = V_{INP} \cdot \frac{G_I}{8R_0} + I_{SET} = V_{INP} \cdot \frac{G_{GAIN}}{8R_0} + 4mA$$

如果  $R_0=27\Omega$ , 根据式子 7 和  $I_{SET}=4mA$  可算出电阻  $R_3$  和  $R_4$  的比值为:

$$\frac{R_3}{R_4} = \frac{V_{REF}}{2R_0 I_{SET}} - 1 = \frac{5V}{2 \cdot 27\Omega \cdot 4mA} - 1 \approx 22,15$$

运算放大器 OP1 的放大倍数为:

$$G_{GAIN} = 8R_0 \frac{I_{OUT\max} - I_{SET}}{V_{INP}} = 8 \cdot 27\Omega \cdot \frac{16mA}{1V} = 3,456 \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = 3,456 - 1 = 2,456$$

根据外接元件的取值范围得到下列各元件的数值为:

$R_1 \approx 24,56k\Omega$	$R_2 = 10k\Omega$	$R_3 \approx 44,3k\Omega$	$R_4 = 2k\Omega$
$R_0 = 27\Omega$	$R_5 = 39\Omega$	$R_L = 0\sim 600\Omega$	$C_1 = 2,2\mu F$ $C_2 = 100nF$

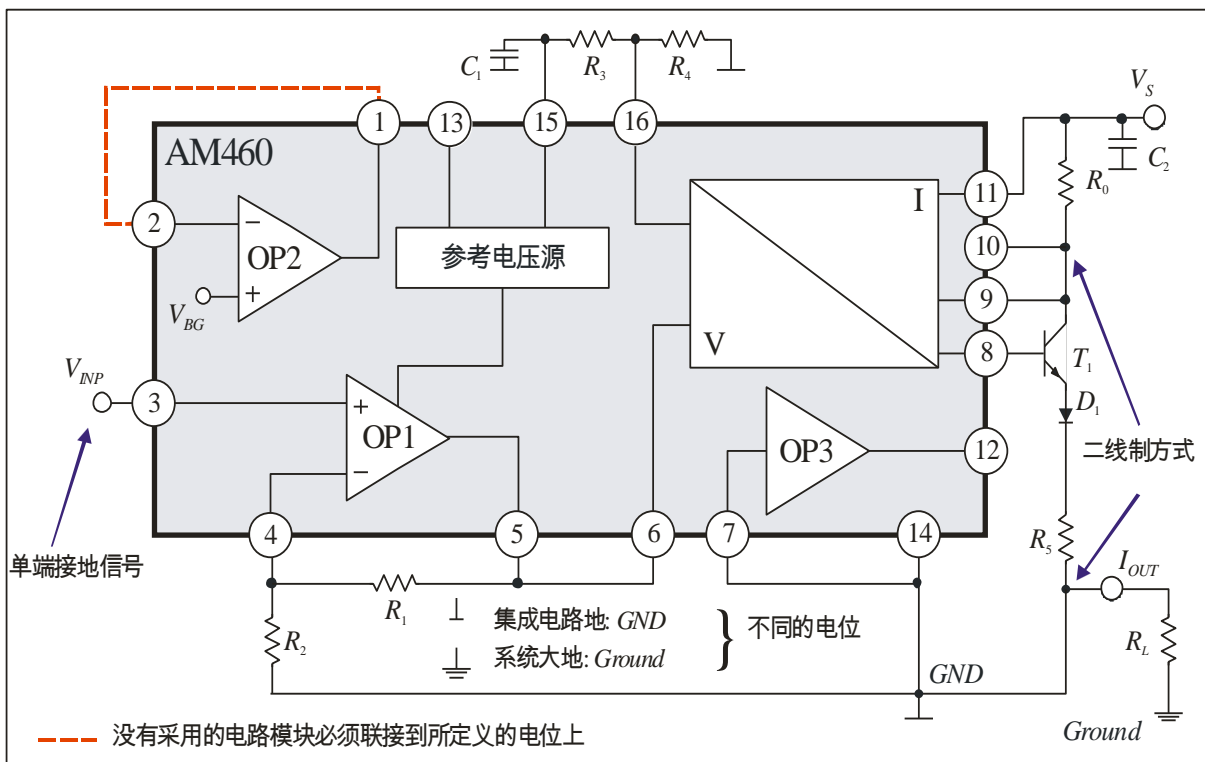


图 8: 典型的二线制应用电路

AM460 的电路方框图和管脚示意图:

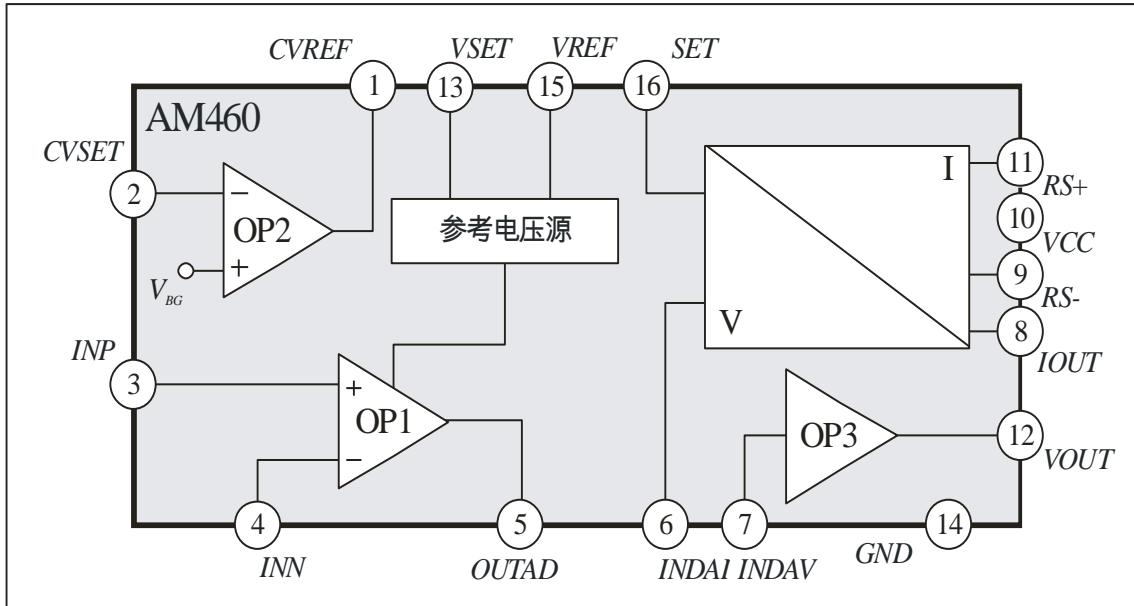


图 9: AM460 的电路方框图

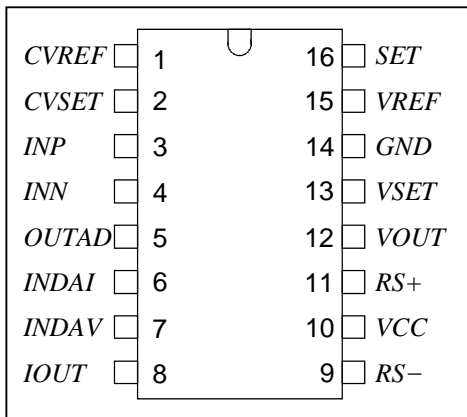


图 10: 管脚示意图

管脚	名称	简介
1	CVREF	恒流/恒压源
2	CVSET	恒流/恒压调整
3	INP	信号正相输入
4	INN	信号反相输入
5	OUTAD	运算放大器输出
6	INDAI	V/I 转换输入端
7	INDAV	电压级输入
8	IOUT	电流输出
9	RS-	检测电阻-
10	VCC	工作电压
11	RS+	检测电阻+
12	VOUT	电压级输出
13	VSET	恒压源调整
14	GND	IC-接地
15	VREF	恒压源输出
16	SET	电流偏置调整

表1: AM460 的管脚名称

基本应用举例

- 单端接地信号电压电流平行变送输出（输出保护，阻抗变换等）

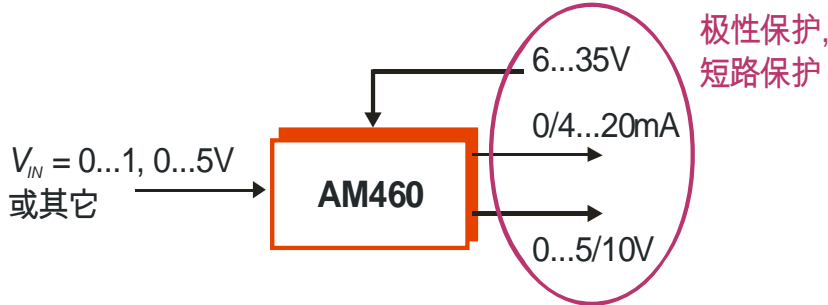


图 11: 单端接地信号电压电流平行变送输出（输出保护，阻抗变换等）

- 微处理器的周边电路（供电、保护、工业标准模拟输出）

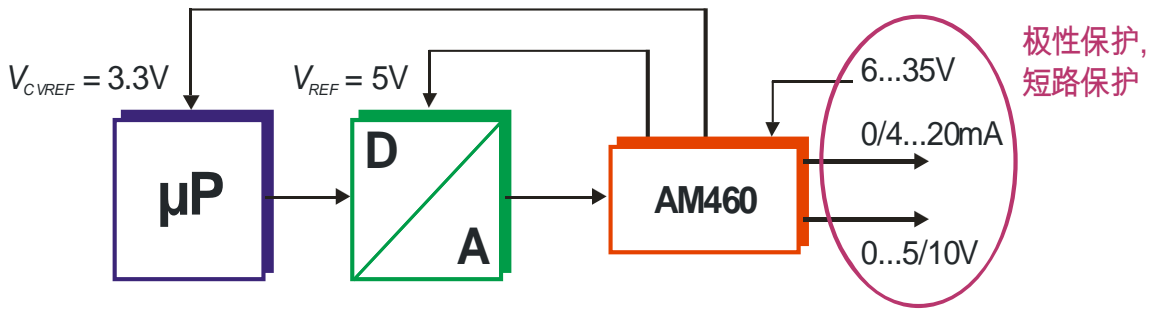


图 12: 微处理器的周边电路（供电、保护、工业标准模拟输出）

- 应用于传感器信号输出为 0.5-4.5V 的电压电流转换

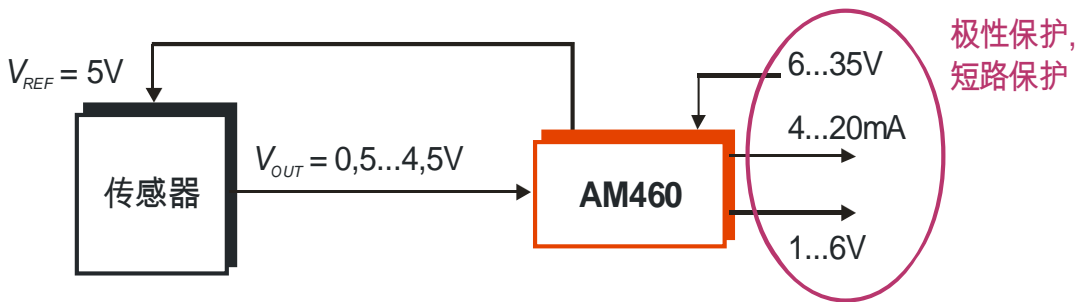


图 13: 应用于传感器信号输出为 0.5-4.5V 的电压电流转换

## 封装外型:

AM460 可提供不同规格的封装外型:

- 16 脚塑封的 DIP16
- 16 脚 SMD 塑封贴片 SO16(n) (最大耗散功率  $P_D=300\text{mW}$ )
- 管芯片在 5 英寸的绷膜上 (已切割)

## 参考文献

- [1] 框架集成电路应用: <http://www.Frame-ASIC.de/>
- [2] 公司网站: <http://www.analogmicro.de/> (英文/德文)  
<http://www.sym-china.com> (中文/英文)

## 备注:

仅供参考