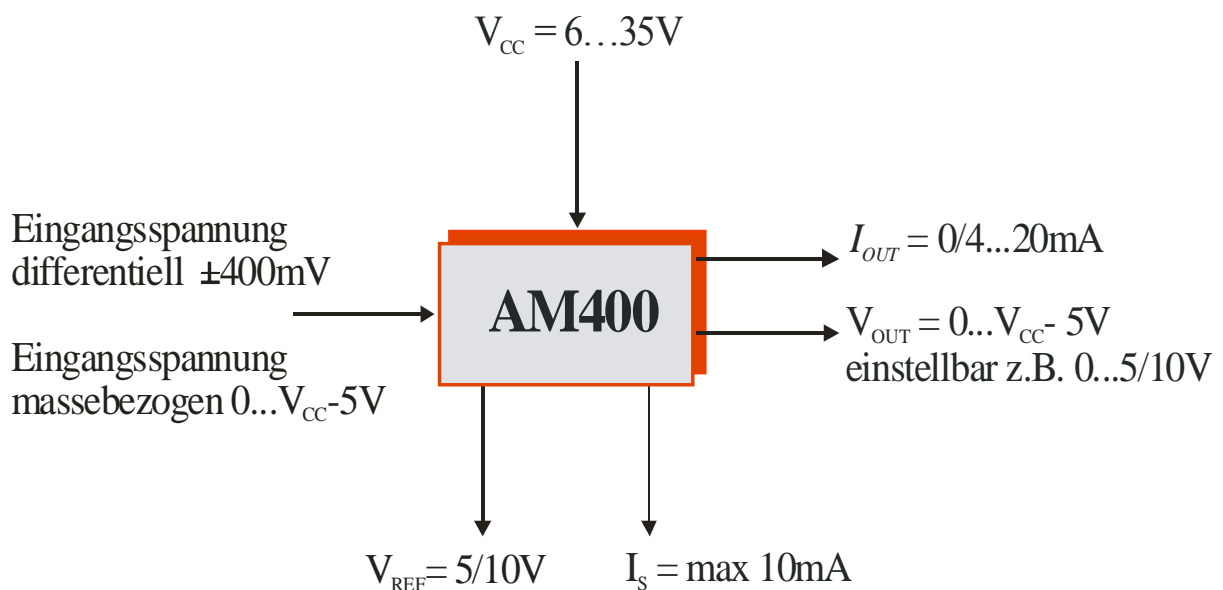


AM400 电压电流二路平行输出的变送集成电路

基本功能特点

差分信号或单端接地电压信号放大转换成
电压电流二路平行输出 (0/4-20mA 和 0-5/10V 或 0,5...4,5V)
内置多种电路保护功能
可调的恒流/恒压源



Eingangsspannung differentiell = 差分信号输入

Eingangsspannung massebezogen = 单端接地电压信号

典型应用

- 传感器信号处理
- 单片机的模拟输出级
- 模块化信号处理, 与单片机结合, 进行数字化修正 (Frame-ASIC [1])
- 有保护的输出级
- 工业标准输出
- 阻抗变换电路

Shanghai Yunsheng Microelectronics Co., Ltd.

上海芸生微电子有限公司
上海市金都路 3000 号 1422 室
邮政编码: 201108

电话: +86 (0)21/22816948
传真: +86 (0)21/33586462
E-Mail: zzhiyun@126.com
网址: www.sym-china.cn

2006 年 2 月

1/21

Rev. 4.3

电压电流二路平行输出的变送集成电路 **AM400**

目录

特点	3
简要	3
AM400 电路方框图	3
电路参数	4
外接元件的取值范围	7
工作原理简介	8
AM400 的调试	9
二线或三线制电流输出的应用	9
电压输出级的调整	9
电流输出级的调整	10
工作电源的大小选择	10
重要说明	11
应用举例	12
1) 典型的差动信号放大转换电路（三线输出方式）	12
2) 典型的单端接地信号转换电路（三线工作方式）	13
3) 典型的差动信号放大转换电路（二线输出方式） ¹	14
4) 封装为 16 管脚的 AM400SO16 的应用	15
AM400 电路方框图（20 管脚—DIP 封装和管芯片）	16
AM400 电路方框图（16 管脚 SO 贴片封装）	17
典型应用举例	18
封装外型	19
贴片外形尺寸	19
参考文献	19
备注	19

特点

- 高精度前置放大器（大的输入信号范围）
- 可调的增益系数和偏置
- 电压 (0...5/10V) 和电流 (0/4...20mA) 二路平行输出
- 二线或三线输出
- 极性保护和输出短路保护
- 输出信号限定保护
- 激励电流源: (max10mA)
- 激励电压源: 4.5V 至 10V 可调 (max10mA)
- 宽的工作电压范围: 6...35V
- 宽的工作温度范围: -40°C ... $+85^{\circ}$
- 电路功能模块化
- 符合 RoHS 标准
- 2 种 SMD 贴片封装 SO16 和 SSOP20

简要

AM400 是专门用于处理差分电桥信号的具有电压和电流二路平行输出的转换接口集成电路。它不仅可以输出电流，同时也可以输出电压，并且这二路输出是平行的。AM400 具有不同的独立功能模块。AM400 提供的高精度前置放大器是用于处理差分电桥信号的，另有一个运算放大器可以处理单端接地电压信号。它的电压输出范围 (0...5/10V) 和电流输出范围 (0/4...20mA) 可通过外接电阻任意调节，可以作为工业标准信号输出。另外 AM400 还能提供一个电压源和一个电流源，可同时用作其他元器件比如传感器的工作电源。

AM400 很容易和单片机联接，通过单片机对整个测量系统电路进行修正，比如非线性和温度漂移等[1]。

AM400 电路方框图

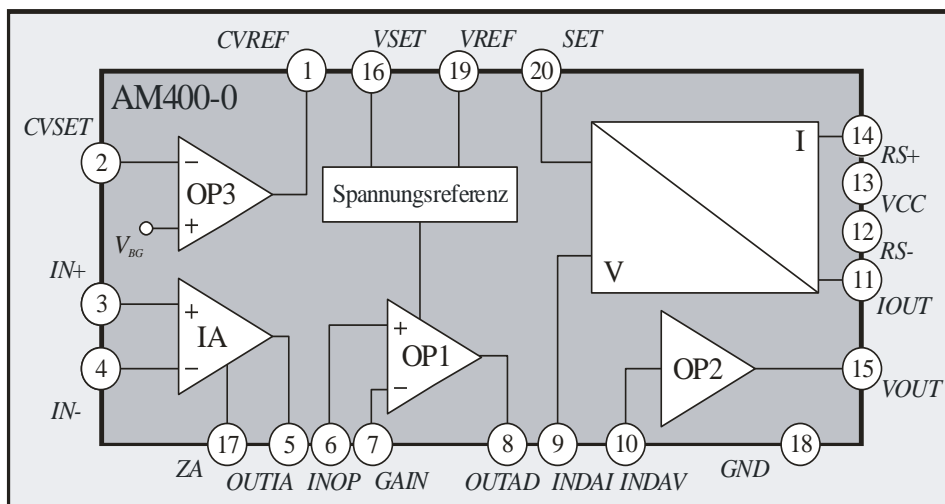


图 1: AM400 电路方框图 (20 管脚)

电路参数

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_{CC} = 24\text{V}$, $V_{REF} = 5\text{V}$, $I_{REF} = 1\text{mA}$ (除非另外注明, 电流流向 IC 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}	$T_{amb} = -40\dots+85\text{ }^{\circ}\text{C}$, $I_{REF} = 0\text{mA}$			1.5	mA
温度特性						
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	$^{\circ}\text{C}$
参考电压源						
电压	V_{REF}	$VSET$ 不接	4.75	5.00	5.25	V
	V_{REF}^{**}	$VSET = GND$ (接地), $V_{CC} \geq 11\text{V}$	9.5	10.0	10.5	V
调节范围	V_{R10}^{**}		4.5		V_{R10}	V
电流	I_{REF}^*		0		10.0	mA
输出电压温度系数	dV_{REF}/dT	$T_{amb} = -40\dots+85\text{ }^{\circ}\text{C}$		± 90	± 140	ppm/ $^{\circ}\text{C}$
输出电压稳定特性	dV_{REF}/dV	$V_{CC} = 6\text{V}\dots35\text{V}$		30	80	ppm/V
	dV_{REF}/dV	$V_{CC} = 6\text{V}\dots35\text{V}$, $I_{REF} \approx 5\text{mA}$		60	150	ppm/V
输出电压电流特性	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	μF
电流/电压源						
内置参考电压	V_{BG}		1.20	1.27	1.35	V
参考电压温度特性	dV_{BG}/dT	$T_{amb} = -40\dots+85\text{ }^{\circ}\text{C}$		± 60	± 140	ppm/ $^{\circ}\text{C}$
参考电流源: $I_{CV} = V_{BG}/R_{EXT}$						
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
参考电压源: $V_{CV} = V_{BG}(R_{EXT1} + R_{EXT2}) / R_{EXT2}$						
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	I_{CV}^*	输出			10	mA
	I_{CV}	进入			-100	μA
负载电容	C_L	输出方式时	0	1	10	nF
前置仪表放大器						
内置增益系数	G_{IA}		4.9	5	5.1	
差分输入电压范围	V_{IN}		0		± 400	mV
共模输入电压范围	$CMIR$	$V_{CC} < 9\text{V}$, $I_{CV} < 2\text{mA}$	1.5		$V_{CC} - 3$	V
	$CMIR$	$V_{CC} \geq 9\text{V}$, $I_{CV} < 2\text{mA}$	1.5		6.0	V
共模抑制比	$CMRR$		80	90		dB
输出电压电流稳定特性	$PSRR$		80	90		dB
输入失调电压	V_{OS}			± 1.5	± 6	mV

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
前置仪表放大器 (接上页)						
失调电压温度系数	dV_{OS}/dT			±5		μV/°C
输入偏置电流	I_B			-100	-250	nA
偏置电流温度系数	dI_B/dT			-0.4	-0.9	nA/°C
输出电压范围	V_{OUTIA}	$V_{CC} < 9V, R_{LIA} \leq 10k\Omega$	0***		$V_{CC} - 4$	V
	V_{OUTIA}	$V_{CC} \geq 9V, R_{LIA} \leq 10k\Omega$	0***		5	V
最小输出电压	$V_{OUTIAmin}$	没有外接负载电阻 R_{LIA}		4.5	16	mV
负载电容	C_L^{**}				250	pF
调零级						
内置增益系数	G_{ZA}		0.94	1	1.06	
输入电压	V_{ZA}	$V_{ZA} \leq V_{OUTIA} - G_{IA} V_{IN}$	0		V_{OUTIA}	V
输入失调电压	V_{OS}			±0.5	±2.0	mV
失调电压温度系数	dV_{OS}/dT			±1.6	±5	μV/°C
输入偏置电流	I_B			47	120	nA
偏置电流温度系数	dI_B/dT			18	30	pA/°C
运算放大器放大级 (OP1)						
可调增益系数	G_{GAIN}		1			
输入电压范围	I_R	$V_{CC} < 10V$	0		$V_{CC} - 5$	V
	I_R	$V_{CC} \geq 10V$	0		5	V
输出电压电流特性	$PSRR$		80	90		dB
输入失调电压	V_{OS}			±0.5	±2	mV
失调电压温度特性	dV_{OS}/dT			±3	±7	μV/°C
输入偏置电流	I_B			10	25	nA
偏置电流温度特性	dI_B/dT			7	20	pA/°C
输出电压极限值	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
运算放大器输出级 (OP2)						
内置增益系数	G_{OP}		2.15	2.20	2.25	
输入电压范围	I_R	$V_{CC} < 11V$	0		$V_{CC} - 5$	V
	I_R	$V_{CC} \geq 11V$	0		6	V
输出电压电流特性	$PSRR$		80	90		dB
输入失调电压	V_{OS}			±0.5	±2	mV
失调电压温度系数	dV_{OS}/dT			±3	±7	μV/°C
输入偏置电流	I_B			10	25	nA
偏置电流温度系数	dI_B/dT			7	20	pA/°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
输出电流极限值	I_{LIM}	$V_{OUT} \geq 10V$	5	7	10	mA
输出电流范围	I_{OUT}		0		I_{LIM}	mA
负载电阻	R_L		2			kΩ
负载电容	C_L				500	nF

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
电压/电流转换级						
内置增益系数	G_{VI}		0.120	0.125	0.130	
可调范围		通过 R_0 可调	0.75	1.00	1.25	
在电阻 R_0 上的电压范围 (满量程)	V_{R0FS}		350		750	mV
输入失调电压	V_{OS}	$\beta_F \geq 100$		± 2	± 4	mV
失调电压温度系数	dV_{OS}/dT	$\beta_F \geq 100$		± 7	± 14	$\mu V/^\circ C$
输入阻抗	R_{IN}		120	160		k Ω
输入阻抗温度系数	dR_{IN}/dT		0.2	0.3		k $\Omega/^\circ C$
输出失调电流	I_{OUTOS}	三线方式		-25	-35	μA
失调电流温度系数	dI_{OUTOS}/dT	三线方式		16	26	nA/ $^\circ C$
输出失调电流	I_{OUTOS}	二线方式		9.5	14	μA
失调电流温度系数	dI_{OUTOS}/dT	二线方式		6	8	nA/ $^\circ C$
输出控制电流	I_{OUTC}	二线方式, $V_{R0}/100mV$		6	8	μA
控制电流温度系数	dI_{OUTC}/dT	二线方式		-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
输出电流范围 (满量程)	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
调整级						
内置增益系数	G_{SET}			0.5		
输入电压	V_{SET}		0		1.15	V
输入失调电压	V_{OS}			± 0.5	± 1.5	mV
失调电压温度系数	dV_{OS}/dT			± 1.6	± 5	$\mu V/^\circ C$
输入偏置电流	I_B			8	20	nA
偏置电流温度系数	dI_B/dT			7	18	pA/ $^\circ C$
保护功能级						
在 R_0 上的电压限制值	V_{LIMR0}	$V_{R0} = V_{IN} G_I, SET = GND$ 接地 <i>Only if OP2 and VI-Converter are connected</i>		$V_{REF}/8$		mV
	V_{LIMR0}	$V_{IN} = 0, V_{R0} = V_{SET}/2$	580	635	690	mV
极性反向保护		Ground vs. V_S vs. V_{OUT}			35	V
		Ground vs. V_S vs. I_{OUT}			35	V
极性反向时电流		Ground = 35V, $V_S = I_{OUT} = 0$		4.5		mA
系统参数						
非线性		理想输入		0.05	0.15	%FS

* 在二线方式时, 最大电流 $I_{OUTmin} - I_{CC}$ 才是有效的。

** 只在管芯片或者 20 脚的 SSOP 型才是可变化的。

*** 依赖前置放大器 IA 输出端的负载电阻(如果加上 $R_{LIA} \leq 10k\Omega \Rightarrow V_{OUTIA} < 3mV$), 内置负载电阻是 $\approx 100k\Omega$

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	$I_{OUTES} = 20\text{mA}$	17	27	38	Ω
	R_0	$c = 20\text{mA}/I_{OUTFS}$	$c \cdot 17$	$c \cdot 27$	$c \cdot 38$	Ω
稳定电阻	R_5	$I_{OUTFS} = 20\text{mA}$	35	40	45	Ω
	R_5	$c = 20\text{mA}/I_{OUTFS}$	$c \cdot 35$	$c \cdot 40$	$c \cdot 45$	Ω
负载电阻	R_L	极限值仅针对三线方式	0		600	Ω
增益调整电阻	$R_1 + R_2$		20		200	$\text{k}\Omega$
偏置调整电阻	$R_3 + R_4$		20		200	$\text{k}\Omega$
参考电压级外接电容	C_1	在 $T_{amb} 85^\circ\text{C}$ 时的最小值	1.9	2.2	5.0	μF
输出级外接电容	C_2	只在二线方式时需要	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		50	150		

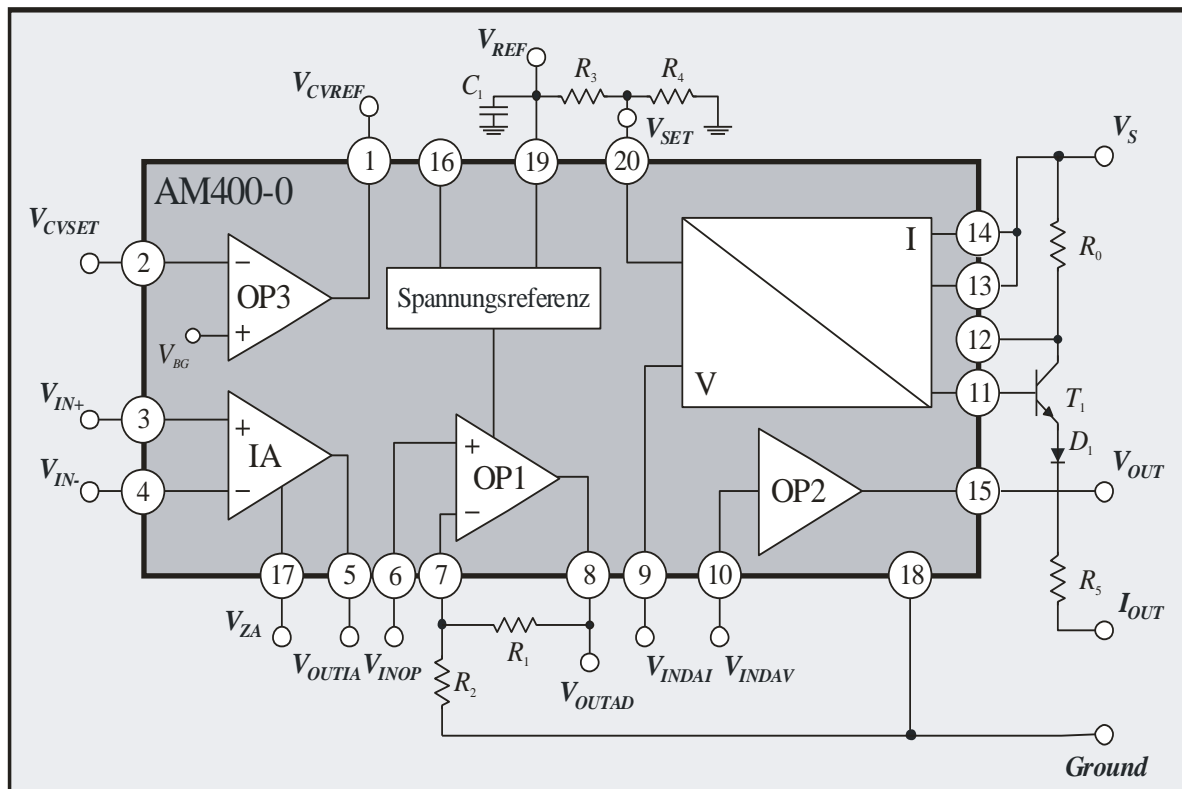


图 2: AM400 的基本电路接线图 (此处是三线制电流输出)

工作原理简介

AM400 是采用模块方式集成的一个专用集成电路。AM400 是一个用途广泛的可以处理差分电桥信号和单端接地电压信号的具有电压和电流二路平行输出的转换变送接口集成电路。原则上 AM400 可以用作二线方式或三线方式应用，但如果需要电压和电流二路同时输出时，只能采用三线方式¹。AM400 的功能在图 1 中可看到，当然要使 AM400 工作还需要一些外接元器件。采用模块方式集成的 AM400 电路，各个模块的功能相互独立，可以组合也可以分开使用（见图 2）。下面分别加以描述。

1. 一个高精度的前置仪表放大器 IA 作为处理差分信号的输入级，内置固定增益为 $G_{IA} = 5$ 。由于专业的设计使它具有很高的共模抑制比(CMRR)。通过调节管脚 ZA 的电位可以调整它的输出偏置 ($V_{ZA} > 0$)。在管脚 OUTIA 处的输出电压 V_{OUTIA} 为：

$$V_{OUTIA} = G_{IA} V_{IN} + V_{ZA} \quad \text{此处 } V_{OUTIA} > 0 \quad (1)$$

其中 V_{IN} 为传感器输入的差分信号， V_{ZA} 为在管脚 ZA 处的电位。通过 IA 的输出 5 脚加一个负载电阻 R_{IAL} ，可以降低失调电压。

2. 前置放大器之后是一个运算放大器 OP1，通过外接的二个电阻 R_1 和 R_2 可调节整个系统的放大倍数 G_{GAIN} 。这里还集成了一个过压保护电路，过压保护电压是以参考电压为基准点，运算放大器 OP1 的输出电压 V_{OUTAD} 被限制在参考电压上。在管脚 OUTAD 处的输出电压 V_{OUTAD} 为：

$$V_{OUTAD} = V_{INOP} \cdot G_{GAIN} \quad \text{此处 } G_{GAIN} = \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) \quad (2)$$

其中 V_{INOP} 是运算放大器 OP1 管脚 INOP 处的电压。此处也可以作为单端接地信号的输入端。（见图 6）

3. 运算放大器电压输出级 OP2 作为驱动输出级，它具有输出电流限制功能，短路保护和极性保护功能，具有内置增益系数 $G_{OP} = 2.2$ 。在管脚 VOUT 输出电压 V_{OUT} 为

$$V_{OUT} = G_{OP} \cdot V_{INDAV} \quad (3)$$

其中 V_{INDAV} 是在管脚 INDAV 处的电位。

4. 一个电压控制的电流输出级提供的电流信号通过一个外接三极管 T_1 输出电流 I_{OUT} 。外接三极管降低了集成电路的耗散功率。当外接电源极性接反的话，二极管将起保护三极管和集成电路的作用。在管脚 SET 处，借助于内置的参考电压通过调节外接电阻 R_3 和 R_4 可以设定输出电流的偏置电流 I_{SET} （图 5）。可以通过调节外接电阻 R_0 来微调输出电流 I_{OUT} 大小。输出电流 I_{OUT} 为：

$$I_{OUT} = \frac{V_{INDAI}}{8R_0} + I_{SET} \quad \text{此处 } I_{SET} = \frac{V_{SET}}{2R_0} \quad (4)$$

其中 V_{INDAI} 是管脚 INDAI 的电压， V_{SET} 是管脚 SET 的电压²。

5. 参考电压源 V_{REF} 可以提供给传感器或者其他外接电路比如单片机作为电源。 V_{REF} 通过管脚 13VSET 可调，输出 5V（管脚 13VSET 空）或 10V 电压（管脚 13VSET 接地），也可以通过二个电阻（在管脚 VREF 和 VSET 以及管脚 VSET 和 GND 之间）调出 5—10V 之间的电压。接在管脚 15V_{REF}

¹原则上二线制只有电流输出。

²通过对电压电流转换模块 V/I 的设计，使输出电流 I_{OUT} 与外接三极管 T_1 的电流放大倍数 β_F 无关。三极管的电流放大倍数的不一致性由电压电流转换模块 V/I 内部抵消了。

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，并且电容值不能低于规定的最小值（在 85°C 时）

6. 附加的运算放大器 OP3 可作为参考电流源或电压源来使用，可提供给传感器或外接电路比如单片机使用。运算放大器 OP3 的正端是与内置的参考电压 V_{BG} 相接。通过它和二个外接电阻使输出的参考电流或参考电压可调。

AM400 的调试

二线或三线制电流输出的应用

在三线制（图 3 和图 5）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。

在二线制（图 3 和图 7）电流输出中，系统的供电电压 V_S 是与管脚 $11RS+$ 相连，管脚 $10V_{CC}$ 与管脚 $9RS-$ 相连。集成电路的接地（管脚 GND ，亦称虚地）与 R_5 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：

$$V_{CC} = V_S - I_{OUT}(V_{IN})R_L \quad (5)$$

因为在二线制电流输出中，负载电阻 R_L 是串联在电路回路中的。图 3 给出了二线制和三线制的区别。

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，

$$V_{CC} = V_S \quad (6)$$

在二线制工作时，系统的各个部分用电电流之和不能超过 I_{OUTmin} （通常为 4mA ）。

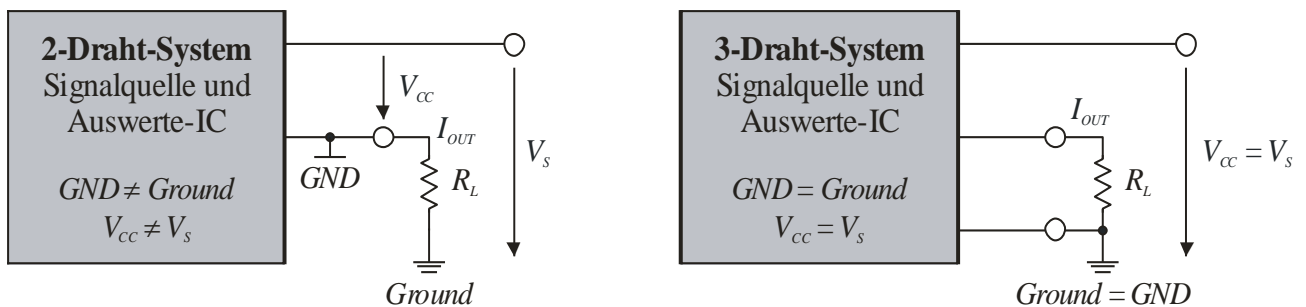


图 3：二线制或三线制电流输出的区别

电压输出级的调整

通过集成电路的仪表放大器 IA 和二一个运算放大器 OP1 和 OP2，调整外接电阻 R_1 和 R_2 可以使最终输出电压为（方程 1，2，3 的乘积）：

$$V_{OUT} = (G_{IA} V_{IN} + V_{ZA}) \cdot G_{GAIN} \cdot G_{OP} \quad (7)$$

其中 $G_{IA} = 5$, $G_{GAIN} = (R_1/R_2) + 1$, $G_{OP} = 2,2$ ，偏置电压 V_{ZA} 是加在管脚 ZA 上的电压。

电流输出级的调整

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。如果输入端短接 ($V_{IN} = 0$)，此时输出电流 $I_{OUT} = I_{SET}$ 由下式表示，根据方程4和调节分压电阻 R_3 和 R_4 ，偏置电流输出为 (见图5)：

$$I_{OUT}(V_{IN} = 0) = I_{SET} = \frac{V_{REF}}{2R_0} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} \quad (8)$$

输出电流的满度范围是通过外接电阻 R_1 和 R_2 来调节的 (运算放大器的放大倍数)，也可通过 R_0 细调。由方程 1, 2, 8 得出输出电流 I_{OUT} 为：

$$I_{OUT} = V_{IN} \frac{G_I}{8R_0} + I_{SET} \quad \text{此处 } G_I = G_{IA} \cdot G_{GAIN} \text{ 和 } V_{ZA} = 0 \quad (9)$$

工作电源的大小选择

AM400 的工作电源 V_S 大小，与各个模块的工作状态有关。

- 在电压输出级 (管脚 V_{OUT}) 处的输出电压的最大值 V_{OUTmax} 与集成电路的工作电压 V_S 的关系为：

$$V_S \geq V_{OUTmax} + 5V \quad (10)$$

- 在电流输出级 (三极管电流输出) 处的最大输出电流 I_{OUTmax} 与工作电压 V_S 以及负载电阻 R_L (max. 600Ω) 的关系为：

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

这里 I_{OUTmax} 是最大输出电流， V_{CCmin} 是集成电路的最小工作电压，它与集成电路中的参考电压 V_{REF} 还要满足下式：

$$V_{CCmin} \geq V_{REF} + 1V \quad (12)$$

由公式11所得出的关系曲线见图4。具体计算和取值见应用例子。

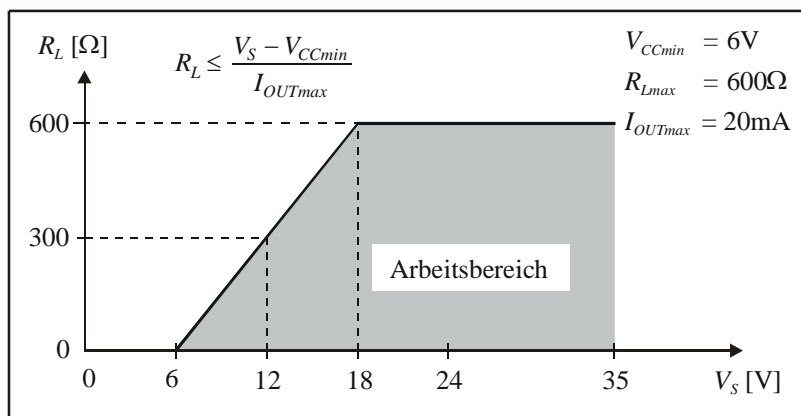


图4: 工作电源与负载电阻的关系图

重要说明

1. 在电路（如图 2）中，电容 C_1 是始终需要连接上，它必须质量可靠（比如瓷片电容），电容量要在整个工作温度范围内满足要求。在二线制工作方式时，电容 C_2 必须也要连接上。
2. 部分不用的工作模块必须按要求连接。
3. 对仪表放大器 IA 的二个管脚（ $IN+$ 和 $IN-$ ）必须始终处在所要求的共模电压 $CMIR$ 范围内。
4. 电压输出级的负载电阻（管脚 $VOUT$ ）最小为 $2k\Omega$ 。
5. 电流输出级（三极管电流输出）处的负载电阻最大为 600Ω 。
6. 所有外接电阻元器件 R_0, R_1, R_2, R_3, R_4 和 R_5 的阻值必须按照表中所列数值范围取。

应用举例

1) 典型的差动信号放大转换电路（三线输出方式）

在三线方式工作时（比如图 5），集成电路的地（管脚 GND ）要与外界系统的大地 $Ground$ 相连。系统的工作电源 V_S 与管脚 (VCC) 和管脚 ($RS+$) 相连。图 5 中所示的是用电流源作激励的电桥差分信号转换成三线方式输出的电路。激励电流源是通过运算放大器 $OP3$ 来实现的。电流源的输出电流 I_S 可通过外接电阻 R_{SET} 来调整：

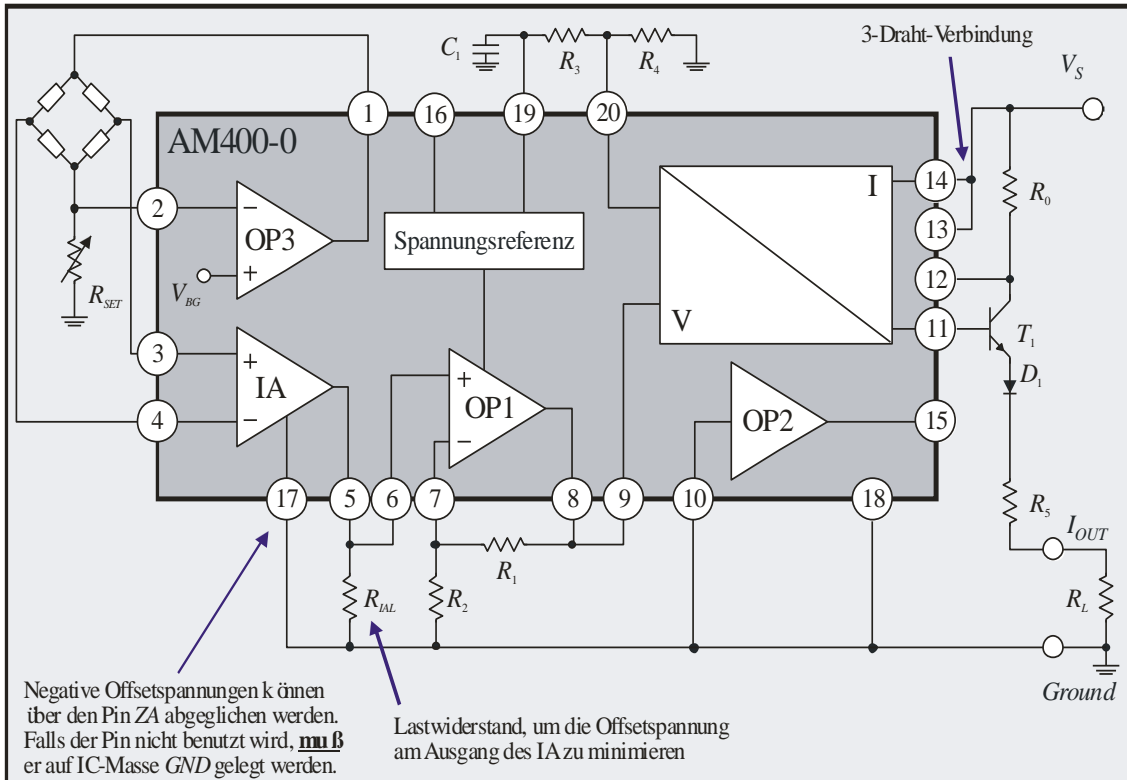


图 5：用于差分信号处理的三线方式电路图

$$I_S = \frac{V_{BG}}{R_{SET}} = \frac{1,27V}{R_{SET}} \quad (13)$$

假如差分信号始终大于零，则 17 管脚 ZA 可以直接接地 GND （管脚 17 可以作为调整输入为负信号时的偏置电压）。输出电压 V_{OUT} 由公式3：

$$V_{OUT} = G_V V_{IN} \text{ 其中 } G_V = G_{IA} G_{GAIN} G_{OP} = 5 \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) 2,2 \quad (14)$$

电流输出 I_{OUT} 由公式4：

$$I_{OUT} = V_{IN} \frac{G_I}{8R_0} + I_{SET} \text{ 其中 } V_{ZA} = 0 \quad (15)$$

此处 $G_I = G_{IA} G_{GAIN} = 5 \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$ 和 $I_{SET} = \frac{V_{REF}}{2R_0} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4}$

例子1:

如果电桥差分信号为 $V_{IN}=0\ldots 100\text{mV}$ ，要求电流输出 $4\ldots 20\text{mA}$ ，电压输出 $0\ldots 10\text{V}$ ，根据外接元器件的取值范围要求，得出各个电阻元器件的取值如下：

电阻 R_1 和 R_2 由公式14得出，电阻 R_0 有公式4和电阻 R_3 和 R_4 有公式8得出：

$$\begin{array}{lllll}
 R_0 \approx 35,5\Omega & R_1 \approx 80,9\text{k}\Omega & R_2 = 10\text{k}\Omega & R_3 = 83\text{k}\Omega & R_4 = 5\text{k}\Omega \\
 R_5 = 39\Omega & R_L = 0\ldots 600\Omega & R_{IAL} \leq 10\text{k}\Omega & C_1 = 2,2\mu\text{F} &
 \end{array}$$

2) 典型的单端接地信号转换电路（三线工作方式）

图 6 是一个三线方式工作的电路图。输入的信号为单端接地的电压信号。单端接地的电压信号经 AM400 放大转换成电压电流输出。其中有二个模块（IA 和 OP3）没有用上，按要求连接好。当然，它们也可以用于其它方面。

根据公式2和公式3得到输出电压 V_{OUT} 为：

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

根据公式4输出电流 I_{OUT} 为：

$$I_{OUT} = V_{IN} \frac{G_I}{8R_0} + I_{SET}$$

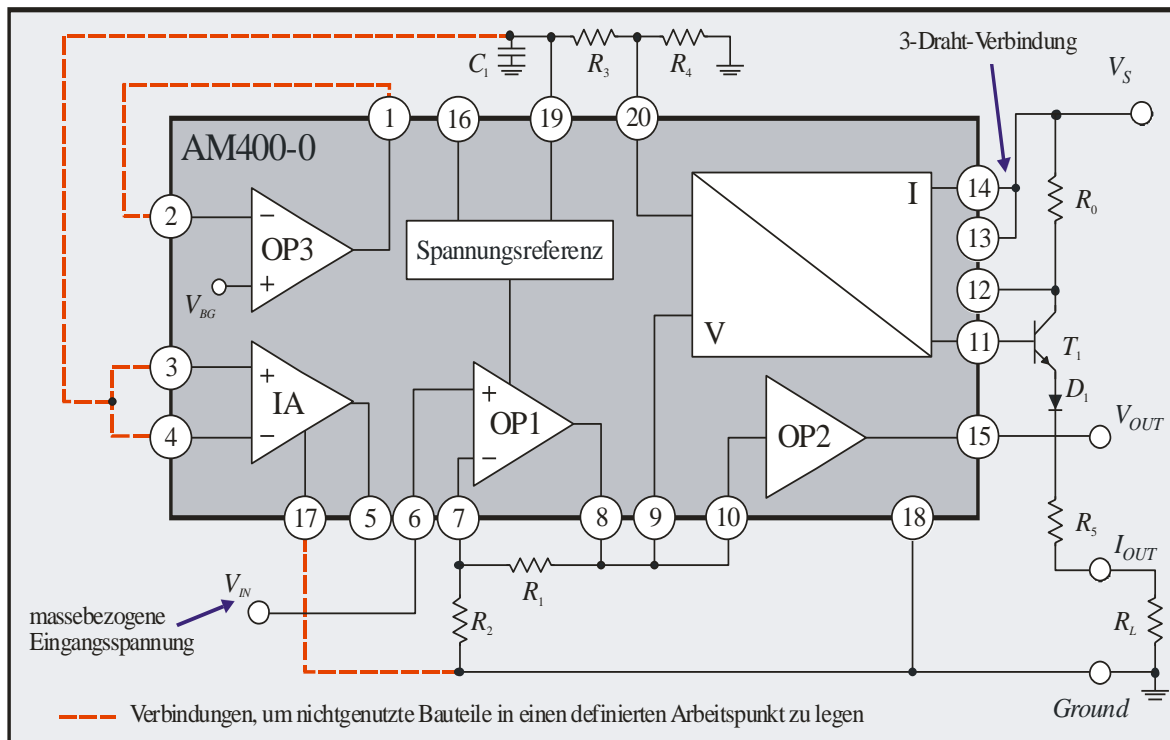


图 6: 典型的单端接地信号转换电路

此处 $G_I = G_{GAIN} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$ 和 $I_{SET} = \frac{V_{REF}}{2R_0} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4}$

例子2:

如果在运算放大器 OP1 输入端输入信号为 $V_{IN}=0.1V$ ，要求电流输出 4...20mA，电压输出 0...10V。根据外接元器件的取值范围要求，得出各个电阻元器件的取值如下：

$R_0 \approx 35,5\Omega$ $R_1 \approx 35,5k\Omega$ $R_2 = 10k\Omega$ $R_3 = 83k\Omega$ $R_4 = 5k\Omega$
 $R_5 = 39\Omega$ $R_L = 0...600\Omega$ $C_1 = 2,2\mu F$

3) 典型的差动信号放大转换电路（二线输出方式）¹

在二线方式工作时，系统的工作电源 V_S 与管脚 ($RS+$) 相连，管脚 (VCC) 和管脚 ($RS-$) 相连)。集成电路的地 (管脚 GND) 是接在电阻 R_5 和负载电阻 R_L 之间。集成电路的地 (GND 虚地) 是与系统的地 (大地 $Ground$) 不同的，它们通过负载电阻 R_L 相连，也通过负载电阻获取电流 I_{OUT} 信号。

图 7 是一个典型的二线方式输出的电路图。电桥传感器通过恒流源供电并输出差分信号，经过仪表放大器 IA 和运算放大器 OP1 放大后由电压电流转换电路 V/I 输出电流信号。电桥传感器的激励电流由运算放大器 OP3 提供。电流 I_S 可以通过电阻 R_{SET} 调整，计算方法根据公式13。二线输出方式的输出电流计算方法是根据公式4:

$$I_{OUT} = V_{IN} \frac{G_I}{8R_0} + I_{SET} \quad \text{其中 } V_{ZA} = 0 \text{ (ZA 管脚接地 } GND \text{)}$$

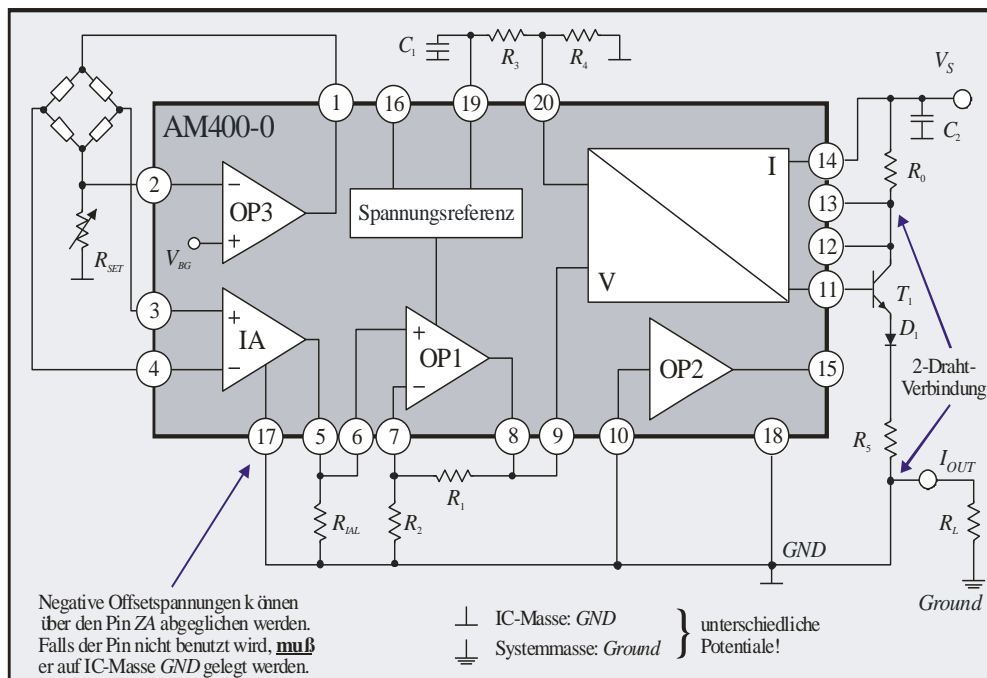


图 7: 典型的二线输出方式用与差分信号输入¹

$$\text{其中 } G_I = G_{IA} \cdot G_{GAIN} = 5 \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \text{ 和 } I_{SET} = \frac{V_{REF}}{2R_0} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4}$$

例子3:

如果电桥差分信号为 $V_{IN}=0\ldots 100\text{mV}$ ，要求二线方式输出电流 $4\ldots 20\text{mA}$ ，此时无电压输出。因为只有电流输出，所以信号的放大和输出电流范围只需通过调整电阻 R_1 ， R_2 ， R_3 和 R_4 既可。电阻 R_0 可以在一定范围内选择，这里为 27Ω 。根据外接元器件的取值范围要求，得出各个电阻元器件的取值如下：

$R_0 = 27\Omega$ $R_1 \approx 59,12\text{k}\Omega$ $R_2 = 10\text{k}\Omega$ $R_3 = 82\text{k}\Omega$ $R_4 = 5\text{k}\Omega$
 $R_5 = 39\Omega$ $R_L = 0\ldots 600\Omega$ $R_{IAL} \leq 10\text{k}\Omega$ $C_1 = 2,2\mu\text{F}$ $C_2 = 100\text{nF}$

在二线制工作方式下，当温度在 85°C ，信号为零时的所有元器件的用电电流之和不能超过 4mA 。

封装为 16 管脚的 AM400SO16 的应用

图 8 是一个贴片封装的 AM400SO16 应用电路图（三线方式）。与图 5 的三线方式电路图所采用的计算方法没有什么不同，所以不再做详细的介绍。有一个区别就是仪表放大器的输出端不再外接，而在内部连接，使仪表放大器的最小电压输出无法通过外接电阻 R_{LIA} 减小。当较小满度信号的传感器的零点电压输入时，通过各个放大器的放大使电压输出端 V_{OUT} 无法输出较好的零点电压。（见电路参数表中 V_{OUTIA} ）

¹原则上二线制只有电流输出。

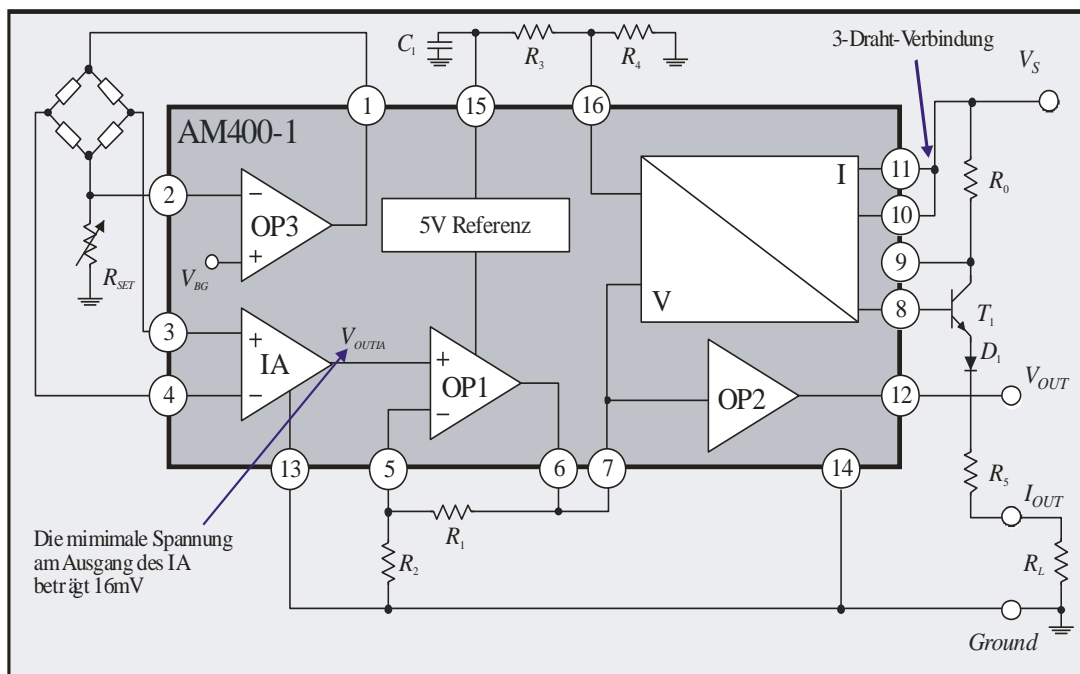


图 8: 16 管脚封装的 AM400SO 应用电路（三线方式）

AM400 电路方框图（20 管脚—DIP 封装和管芯片）

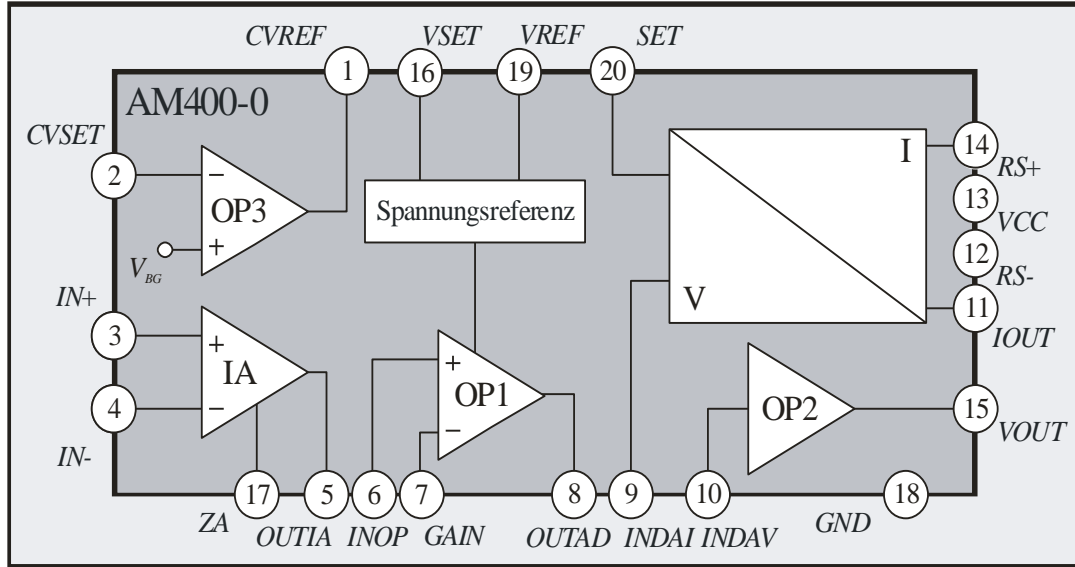


图 9: AM400 电路方框图（20 管脚）

管脚	名称	简介
1	CVREF	电流/电压源
2	CVSET	电流/电压源调节
3	IN+	正向输入
4	IN-	反向输入
5	OUTIA	前置放大器输出
6	INOP	运算放大器放大级正向输入
7	GAIN	增益调节
8	OUTAD	系统放大输出
9	INDAI	电流输出级的输入端
10	INDAV	电压输出级的输入端
11	IOUT	电流输出
12	RS-	检测电阻-
13	VCC	工作电压
14	RS+	检测电阻+
15	VOUT	电压输出
16	VSET	电压源调节
17	ZA	输入偏置调零
18	GND	IC 接地
19	VREF	电压源输出
20	SET	偏置电流设定

表1: 20 管脚名称

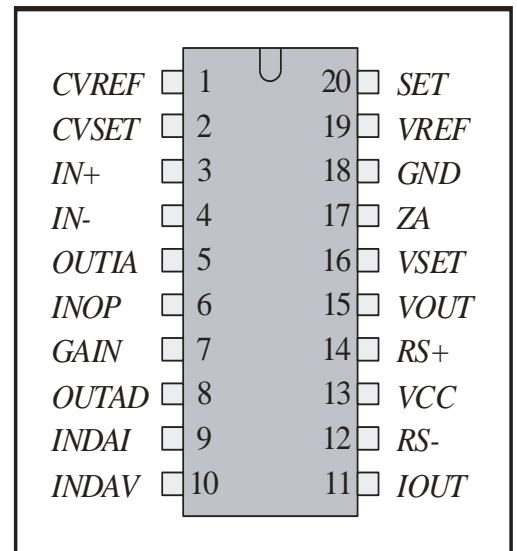


图 10: 20 管脚名称

AM400 电路方框图（16 管脚 SO 贴片封装）

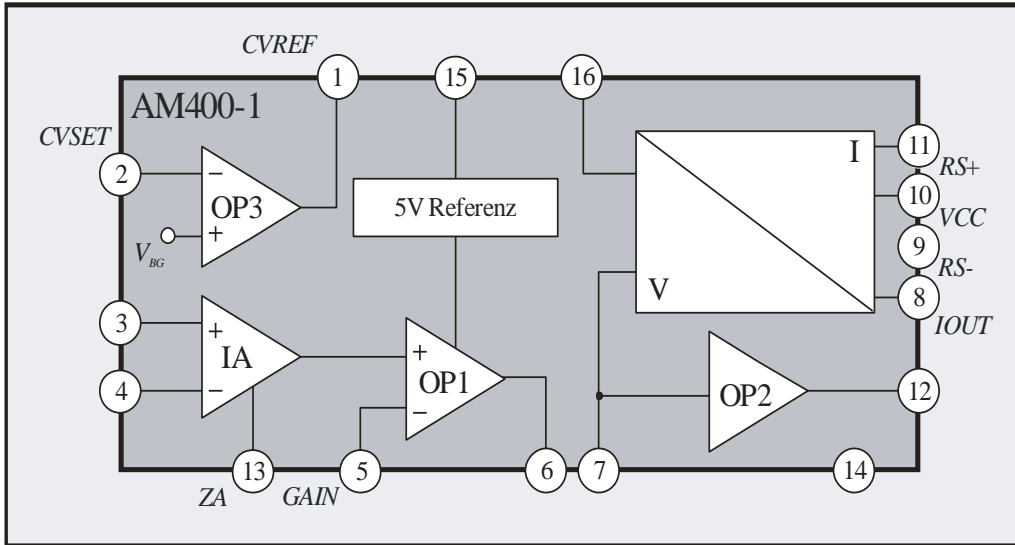


图 11: AM400 电路方框图（16 管脚）

管脚	名称	简介
1	CVREF	电流/电压源
2	CVSET	电流/电压源调节
3	IN+	正向输入
4	IN-	反向输入
5	GAIN	增益调节
6	OUTAD	系统放大输出
7	INDA	电压电流输出级的输入端
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	电压输出
13	ZA	输入偏置调零
14	GND	IC 接地
15	VREF	电压源输出
16	SET	偏置电流设定

表2: 16 管脚名称

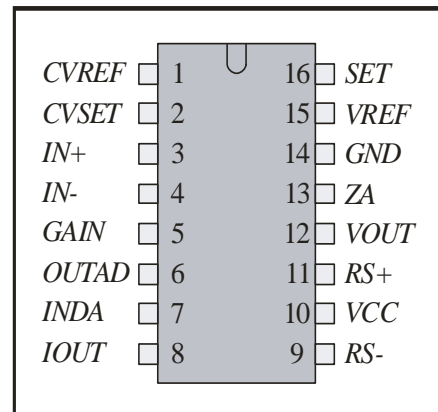


图 12: 16 管脚名称

典型应用举例

- 陶瓷压力传感器和扩散硅压力传感器通过应用 AM400 进行信号处理和外接微处理器 CPU 进行误差修正和的工作原理图

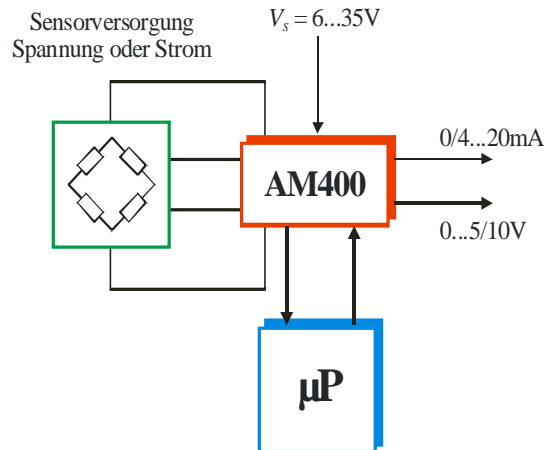


图 13: AM400 应用于陶瓷压力传感器和扩散硅压力传感器同时外接微处理器

- 一般信号的电压电流转换

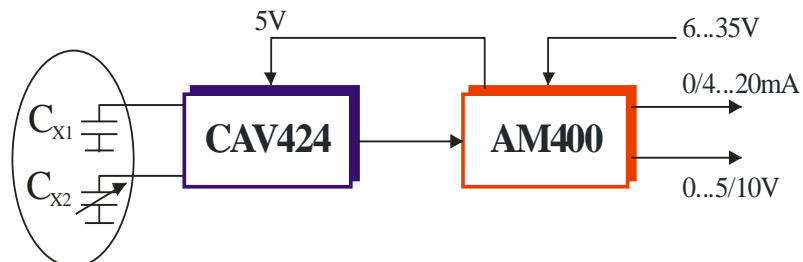


图 14: 将电容测量电路 CAV424 的信号转换成标准信号输出

- 单端接地信号转换（如电阻信号等）

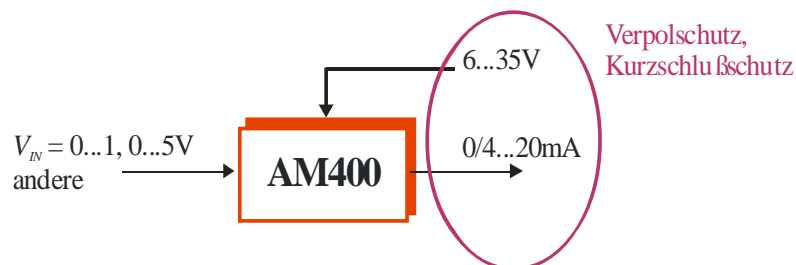


图 15: 单端接地信号转换电路应用

封装外型

AM400 可提供不同规格的封装外型：

- 20 脚的 DIP 20 塑封（小批量）
- 20 脚的 SSOP20 塑封贴片
- 16 脚的 SO16 塑封贴片
- 管芯片在 5 英寸的绷膜上（已切割）

贴片外形尺寸

见公司网站中文件：package.pdf

参考文献

- [1] Konzept der Frame-ASICs: <http://www.Frame-ASIC.de/>
- [2] Homepage der Analog Microelectronics GmbH: <http://www.analogmicro.de/>

备注

以上资料仅供参考