

SPANNUNGS-STROM-WANDLER-IC AM422

EIGENSCHAFTEN

- **Versorgungsspannung:** 6...35V
- **Großer Arbeitstemperaturbereich:** $-40^{\circ}\text{C}...+85^{\circ}\text{C}$
- **Einstellbare Referenzspannungsquelle:** 5 bis 10V
- **Operationsverstärkereingang:** 0.5...4.5V, 0...5/10V, andere
- **Einstellbarer Offsetstrom**
- **Zwei- (4...20mA) oder Dreidraht- Version (0/4...20mA)**
- **Einstellbarer Ausgangsstrombereich**
- **Verpolschutz**
- **Eingangsspannungsbegrenzung**

ANWENDUNGEN

- Sensorschnittstelle
- Programmierbare Stromquelle
- Meßumformer
- Leitungstreiber

ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

Der AM422 ist ein monolithisch integrierter Spannungs-Strom-Wandler, welcher speziell für die Aufbereitung analoger asymmetrischer Spannungssignale entwickelt worden ist. Der AM422 besteht aus drei Funktionsblöcken: Als Eingang dient eine Operationsverstärkerstufe mit großem Eingangsdynamikbereich. Eine zwischen 4,5 und 10V einstellbare Referenzspannungsquelle steht für die Versorgung externer Komponenten zur Verfügung. Eine spannungsgesteuerte Stromausgangsstufe sorgt für die Wandlung des Spannungssignals in einen äquivalenten Ausgangsstrom. Seine integrierten Schutzfunktionen vervollständigen den AM422 zu einem kompletten Strom-Wandler für die gängigen Industriestandards (0/4–20mA, 12 \pm 8mA).

LIEFERFORMEN

- DIL8-Gehäuse (Muster, Kleinserien)
- SOP8-Gehäuse
- Dice auf 5“ Dehnfolie aufgespannt

BLOCKSCHALTBILD

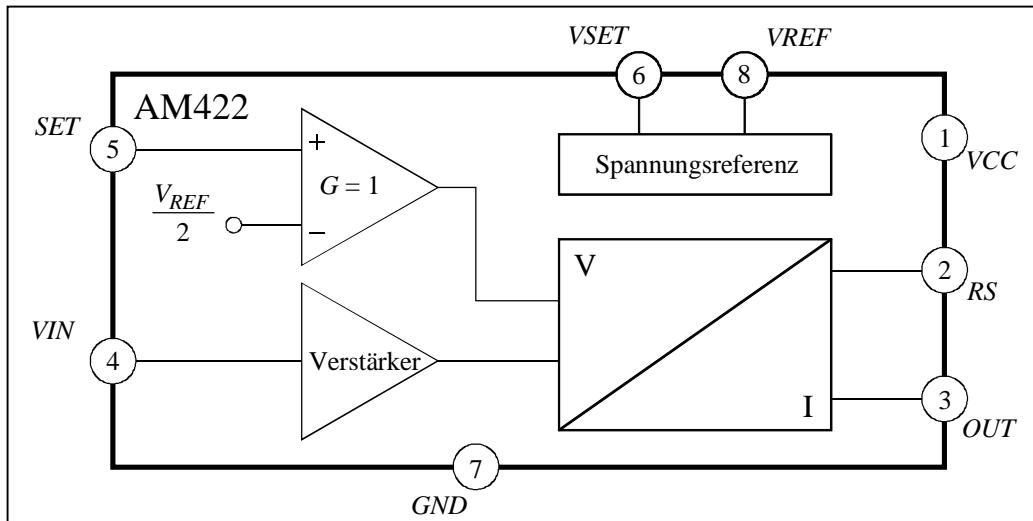


Abbildung 1

SPANNUNGS-STROM-WANDLER-IC AM422

ELEKTRISCHE SPEZIFIKATIONEN

$T_{amb} = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 24\text{V}$, $V_{REF} = 5\text{V}$, $I_{REF} = 1\text{mA}$ (unless otherwise noted)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Voltage Range	V_{CC}		6		35	V
Quiescent Current	I_{CC}	$T_{amb} = -40\text{...}+85^\circ\text{C}$, $I_{REF} = 0\text{mA}$			1.5	mA
Temperature Specifications						
Operating	T_{amb}		-40		85	°C
Storage	T_{st}		-55		125	°C
Junction	T_J				150	°C
Thermal Resistance	Θ_{ja}	DIL8 plastic package		110		°C/W
	Θ_{ja}	SO8 plastic package		180		°C/W
Voltage Reference						
Voltage	V_{REF}	V_{SET} not connected	4.75	5.00	5.25	V
	V_{REF}	$V_{SET} = GND$, $V_{CC} \geq 11\text{V}$	9.5	10.0	10.5	V
Trim Range	V_{R10}		4.5		V_{R10}	V
Current	I_{REF}^*		0		10	mA
V_{REF} vs. Temperature	dV_{REF}/dT	$T_{amb} = -40\text{...}+85^\circ\text{C}$		±90	±140	ppm/°C
Line Regulation	dV_{REF}/dV	$V_{CC} = 6\text{V...}35\text{V}$	30	80		ppm/V
	dV_{REF}/dV	$V_{CC} = 6\text{V...}35\text{V}$, $I_{REF} \approx 5\text{mA}$	60	150		ppm/V
Load Regulation	dV_{REF}/dI		0.05	0.10		%/mA
	dV_{REF}/dI	$I_{REF} \approx 5\text{mA}$	0.06	0.15		%/mA
Load Capacitance	C_L		1.9	2.2	5.0	μF
Set Stage						
Internal Gain	G_{IA}			1		
Input Voltage	V_{SET}	$I_{SET} = 4\text{mA}$, $R_0 = 25\Omega$		2.6		V
Offset Voltage	V_{OS}			±1	±3	mV
V_{OS} vs. Temperature	dV_{OS}/dT			±5		μV/°C
Input Bias Current	I_B		8	20		nA
I_B vs. Temperature	dI_B/dT		6	15		pA/°C
Input Stage						
Internal Gain	G_{IN}		0	0.5		
Input Voltage	V_{IN}			±0.5	±2.5	mV
Offset Voltage	V_{OS}			±1.6	±5	μV/°C
V_{OS} vs. Temperature	dV_{OS}/dT			8	20	nA
Input Bias Current	I_B			7	18	pA/°C

SPANNUNGS-STROM-WANDLER-IC AM422

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V/I Converter						
Internal Gain	G_{VI}			1.00		
Trim Range		adjustable by R_0	0.75	1.00	1.25	
Voltage Range at R_0 FS	V_{R0FS}		400	500	580	mV
Offset Voltage	V_{OS}	$\beta_F \geq 100$		± 2	± 6	mV
V_{OS} vs. Temperature	dV_{OS}/dT	$\beta_F \geq 100$		± 7	± 20	$\mu V/^\circ C$
Output Offset Current	I_{OUTOS}	3-wire operation		-35	-50	μA
I_{OUTOS} vs. Temperature	dI_{OUTOS}/dT	3-wire operation		55	80	$nA/^\circ C$
Output Offset Current	I_{OUTOS}	2-wire operation		14	22	μA
I_{OUTOS} vs. Temperature	dI_{OUTOS}/dT	2-wire operation		22	35	$nA/^\circ C$
Output Control Current	I_{OUTC}	2-wire operation, $V_{R0}/100mV$		5		μA
I_{OUTC} vs. Temperature	dI_{OUTC}/dT	2-wire operation		-9		$nA/^\circ C$
Output Voltage Range	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
Output Current Range FS	I_{OUTFS}	$I_{OUT} = V_{R0}/R_0$, 3-wire operation		20		mA
Output Resistance	R_{OUT}		0.5	1.0		$M\Omega$
Load Capacitance	C_L		0		500	nF
Protection Functions						
Voltage Limitation at R_0	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
Temperature Limitation	T_{LIMIT}		110	130	150	$^\circ C$
Protection against reverse polarity		Ground vs. V_S vs. I_{OUT}			35	V
Current in case of reverse polarity		Ground = 35V, $V_S = I_{OUT} = 0$		3.8		mA
System Parameters						
Nonlinearity		ideal input			0.05	0.15
* In 2-wire operation a maximum current of $I_{OUTmin} - I_{CC}$ is valid						
Currents flowing into the IC are negative						

RANDBEDINGUNGEN

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Sense Resistor	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
Stabilisation Resistor	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
Load Resistance	R_L	limitation only for 3-wire operation	0		500	Ω
Sum Offset Resistors	$R_3 + R_4$		20		200	$k\Omega$
V_{REF} Capacitance	C_1		1.9	2.2	5.0	μF
Output Capacitance	C_2	only for 2-wire operation	90	100	250	nF
D_1 Breakdown Voltage	V_{BR}		35	50		V
T_1 Forward Current Gain	β_F		50	150		

SPANNUNGS-STROM-WANDLER-IC AM422

FUNKTIONSDIAGRAMME

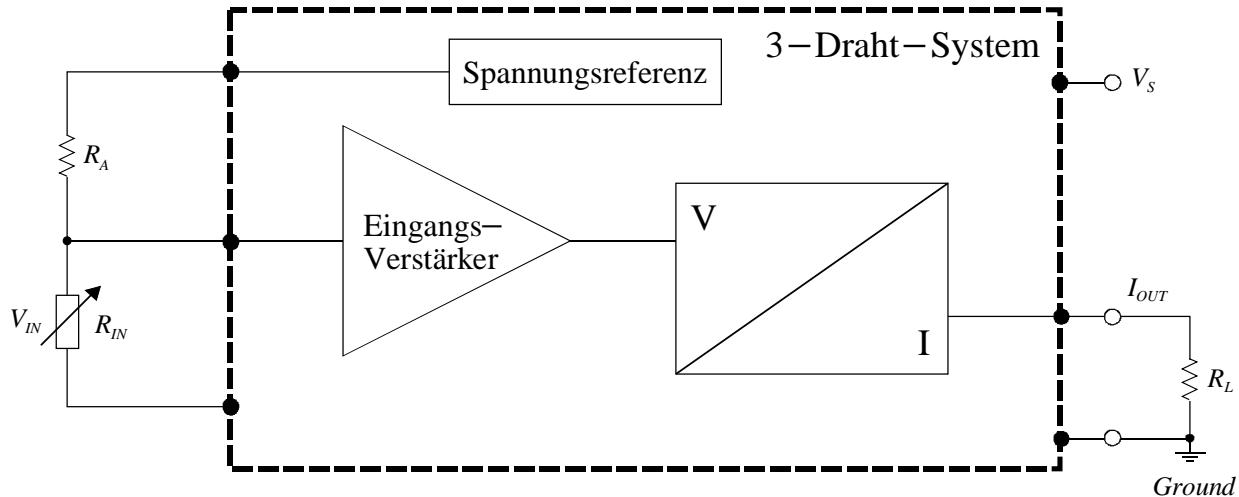


Abbildung 2

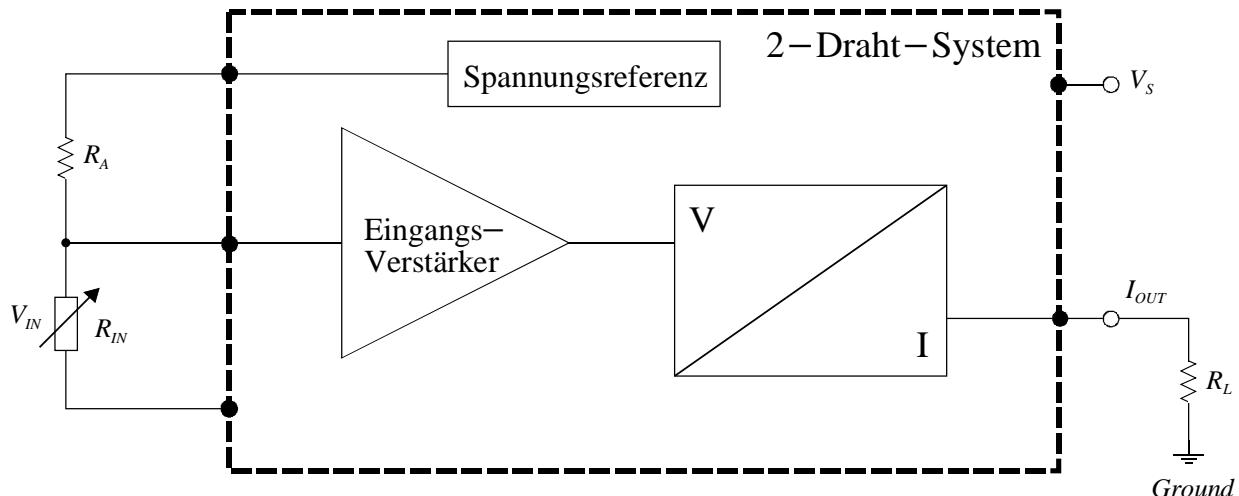


Abbildung 3

FUNKTIONSBeschreibung

Der AM422 ist ein monolithisch integrierter Spannungs-Strom-Wandler, der für einen weiten Bereich von asymmetrischen Eingangsspannungen entwickelt worden ist. Mit wenigen externen Bauteilen kann der Ausgangsstrom zwischen 0/4 und 20mA eingestellt werden. Zusätzlich zu den Widerständen $R_0 - R_5$ und der Kapazität C_1 (C_2) werden nur noch der externe Ausgangstransistor T_1 und eine Diode D_1 benötigt. Der externe Transistor verringert die Verlustleistung des ICs, und die Diode gewährleistet den Verpolschutz dieses Transistors. Typische Werte für die externen Komponenten finden sich in den nachfolgenden Anwendungsbeschreibungen.

Prinzipiell können mit dem AM422 Zwei- oder Dreidraht-Anwendungen realisiert werden. Eine schematische Skizze für das Dreidraht-System ist in Abbildung 2 dargestellt. Der externe Referenzpunkt *Ground* ist identisch mit der IC-Masse *GND* (Pin 7) und die Versorgungsspannung des ICs entspricht der Versorgungsspannung des Systems: $V_{CC} = V_s$. Im Gegensatz dazu wird im Zweidraht-Betrieb (Abbildung 3) die IC-Masse *GND* (Pin 7) zwischen den zwei externen Widerständen R_5

SPANNUNGS-STROM-WANDLER-IC AM422

und R_L angeschlossen. In diesem Fall hängt die Versorgungsspannung des ICs V_{CC} von der Versorgungsspannung des Systems V_S und dem Wert des Lastwiderstands R_L ab und kann berechnet werden mit:

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

Im wesentlichen besteht der AM422 aus 3 Funktionsblöcken (siehe Abbildung 1)

1. Der *Operationsverstärkereingang* erlaubt das Einstellen des Ausgangsstroms über die beiden externen Widerstände R_1 und R_2 . Über die Variation der Widerstände kann der Eingangsspannungs- und der Ausgangstrombereich festgelegt werden.
2. Der *spannungsgesteuerte Stromausgang* ist ebenfalls über externe Widerstände einstellbar (R_{SET} , R_3 und R_4). Über diese Widerstände kann ein Offsetstrom am Ausgang eingestellt werden, welcher über die Referenzspannungsquelle eingestellt werden kann. Der Ausgangstrom I_{OUT} an sich wird von einem externen Transistor T_1 bereitgestellt, der vom Ausgang Pin 3 (*OUT*) des ICs angesteuert wird.
3. Die *programmierbare Referenzspannungsquelle* ($VSET = N.C.$ oder $VSET = GND$) steht für die Versorgung von Sensoren oder anderen externen Bauteilen zur Verfügung.

Der Ausgangstrom setzt sich aus zwei Teilströmen zusammen: einem einstellbaren Offsetstrom und einem Stromanteil, der sich aus der Änderung der Eingangssignale V_{IN} ergibt. Die Übertragungsfunktion des AM422 lautet dann:

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

Für einen Abgleich des AM422 müssen zwei Fälle unterschieden werden. Für Eingangsspannungen ohne Offsetspannung (z.B. 0...5V, 0...10V) lässt sich das Einstellen des Ausgangstroms folgendermaßen beschreiben: Der minimale Ausgangstrom wird bei einer Spannung $V_{IN} = 0V$ erreicht. Der Ausgangsoffsetstrom berechnet sich dann zu

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

Mit $R_3 = R_4$ und einigen Vereinfachungen wird der Einstellwiderstand R_{SET} zu

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

Der Strombereich wird mit der Übertragungsfunktion berechnet:

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

Die Beziehung R_1/R_2 wird dann

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

Das Einstellen des ICs mit einer Eingangsoffsetspannung (z.B. 0,5...4,5V) wird folgendermaßen vorgenommen. Für einen gewünschten Stromhub am Ausgang von ΔI_{OUT}

SPANNUNGS-STROM-WANDLER-IC AM422

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

Muß sich die Eingangsspannung V_{IN} um

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

ändern. Mit der Beziehung zwischen den Widerständen R_1 und R_2

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

kann die Größe des Offsetstroms bestimmt werden

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

Der Einstellwiderstand R_{SET} kann dann über Gleichung 4 berechnet werden.

Die Wahl der Versorgungsspannung V_S hängt von dem jeweiligen Lastwiderstand R_L ab. Die folgende Ungleichung bestimmt die minimale Versorgungsspannung:

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

Der resultierende Betriebsbereich ist in Abbildung 4 gezeigt. Beispielrechnungen und typische Werte für die externen Bauteile finden sich in den *Anwendungsbeispielen* ab Seite 7.

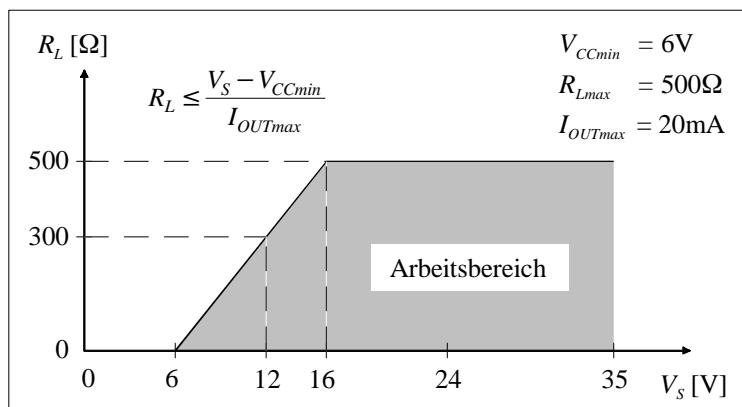


Abbildung 4

SPANNUNGS-STROM-WANDLER-IC AM422

PINOUT

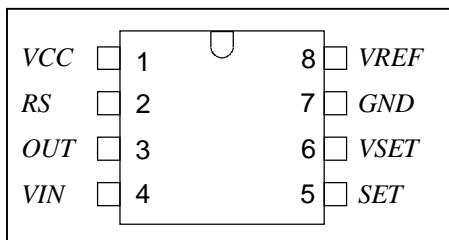


Abbildung 5

PIN	NAME	BEDEUTUNG
1	VCC	Versorgungsspannung
2	RS	Senswiderstand
3	OUT	Ausgang
4	VIN	Eingangsspannung
5	SET	Einstellen des Ausgangoffsetstroms
6	VSET	Wahl der Referenzspannung
7	GND	IC-Masse
8	VREF	Ausgang Referenzspannungsquelle

LIEFERFORMEN

Der AM422 Spannungs-Strom-Wandler ist lieferbar als 2- (AM422-2) oder 3-Draht-Version (AM422-1). Die verschiedenen Versionen sind pinkompatibel. Die erhältlichen Verpackungsformen sind:

- 8-Pin-DIL (Muster, Kleinserien)
- SOP 8 (maximale Verlustleistung $P_D = 300\text{mW}$)
- Dice auf 5“ Dehnfolie aufgespannt

GEHÄUSEABMESSUNGEN SOP8

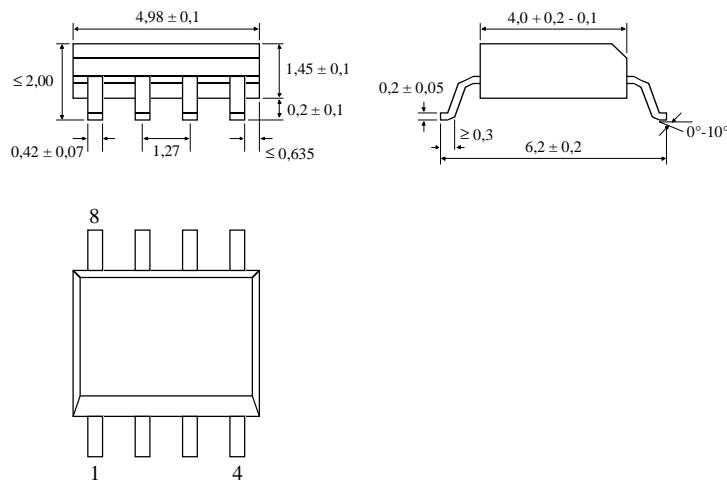


Abbildung 6

SPANNUNGS–STROM–WANDLER–IC AM422

TYPISCHE DREIDRAHT–ANWENDUNG (Eingang: 0 – 5/10V)

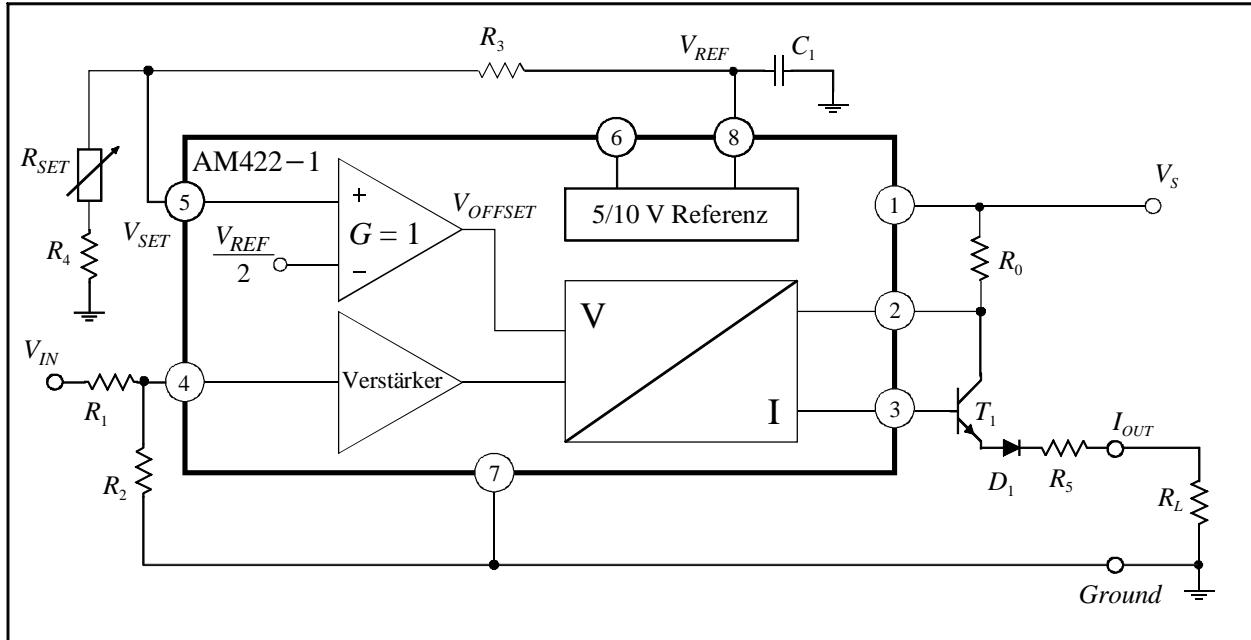


Abbildung 7

Im Dreidraht–Betrieb (AM422–1) muß die IC–Masse *GND* (Pin 7) mit *Ground* verbunden werden (Abbildung 7). Die Beziehung R_1/R_2 ergibt sich unter Benutzung von Gleichung 2 zu

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

Der Strom I_{SET} wird benutzt, um einen Ausgangsoffsetstrom zu generieren und lässt sich mit Gleichung 3 berechnen

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

Mit $R_3 = R_4$ ergibt sich für den Einstellwiderstand R_{SET} (Gleichung 4)

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

Beispiel 1: Ausgangstrombereich 4...20mA

Für die Werte der externen Bauteile ergeben sich mit $V_{IN} = 0\ldots 5V$, $V_{REF} = 5V$:

$$\begin{array}{llll} R_0 = 25\Omega & R_3 = R_4 = 33k\Omega & R_{SET} \approx 2,64k\Omega & R_5 = 40\Omega \\ R_1/R_2 \approx 5,25 & R_L = 0\ldots 500\Omega & C_1 = 2,2\mu F & \end{array}$$

Beispiel 2: Ausgangstrombereich 0...20mA

Für die Werte der externen Bauteile ergeben sich mit $V_{IN} = 0\ldots 10V$, $V_{REF} = 5V$:

$$\begin{array}{llll} R_0 = 25\Omega & R_3 = R_4 = 33k\Omega & R_{SET} = 0\Omega & R_5 = 40\Omega \\ R_1/R_2 \approx 9 & R_L = 0\ldots 500\Omega & C_1 = 2,2\mu F & \end{array}$$

SPANNUNGS-STROM-WANDLER-IC AM422

TYPISCHE DREIDRAHT-ANWENDUNG (Eingang: 0,5 – 4,5V)

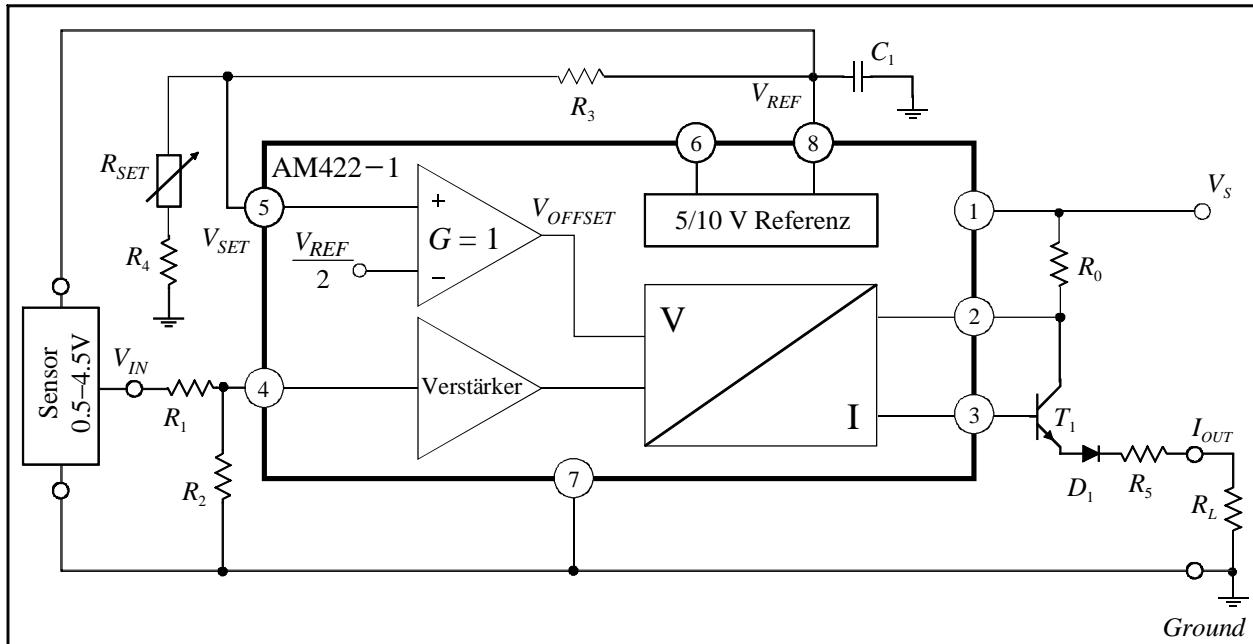


Abbildung 8

Beispiel 3: Ausgangsstrombereich $I_{OUT} = 4 \dots 20 \text{mA}$, Eingangsspannungsbereich $V_{IN} = 0,5 \dots 4,5 \text{V}$

Die Übertragungsfunktion des Ausgangsstroms I_{OUT} ist (Gleichung 2)

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

Für die 0,5 bis 4,5V–Anwendung (Abbildung 8) soll eine Änderung der Eingangsspannung von $\Delta V_{IN} = 4V$ über eine Stromänderung von $\Delta I_{OUT} = 16mA$ am Ausgang dargestellt werden.

Mit einer Spannungsänderung an Pin 4 ($\Delta V_{PIN4} = 800\text{mV}$, Gleichung 7) lässt sich mit Gleichung 8 die Beziehung R_1/R_2 folgendermaßen berechnen

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

Daraus ergibt sich, daß für den Anteil des Offsetstroms I_{SET} ein Wert von

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

eingestellt werden muß (Gleichung 10). Mit $R_3 = R_4$ und einigen Vereinfachungen kann der Widerstand R_{SET} berechnet werden (Gleichung 4)

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

Für die Werte der externen Bauteile ergeben sich mit $V_{REF} = 5V$:

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

SPANNUNGS-STROM-WANDLER-IC AM422

TYPISCHE ZWEIDRAHT-ANWENDUNG (Eingang: 0 – 1V)

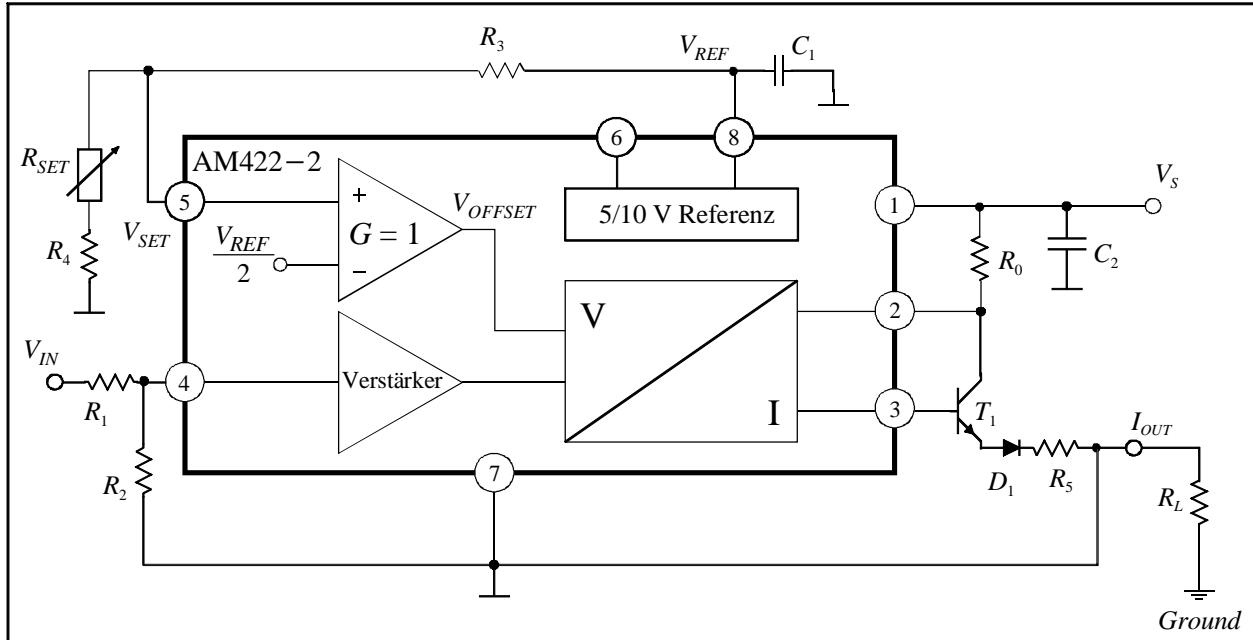


Abbildung 9

Im Zweidraht-Betrieb (AM422-2) muß die IC-Masse *GND* (Pin 7, \perp) zwischen R_5 und dem Lastwiderstand angeschlossen werden (Abbildung 9). Die Beziehung R_1/R_2 ergibt sich unter Benutzung von Gleichung 2 zu

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

Der Strom I_{SET} wird benutzt, um einen Ausgangsoffsetstrom zu generieren und läßt sich mit Gleichung 3 berechnen

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

Mit $R_3 = R_4$ ergibt sich für den Einstellwiderstand R_{SET} (Gleichung 4)

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

Beispiel 4: Ausgangsstrombereich 4...20mA

Für die Werte der externen Bauteile ergeben sich mit $V_{IN} = 0...1V$:

$$\begin{array}{llll} R_0 = 25\Omega & R_3 = R_4 = 33k\Omega & R_{SET} \approx 2,64k\Omega & R_5 = 40\Omega \\ R_1/R_2 \approx 0,25 & R_L = 0...500\Omega & C_1 = 2,2\mu F & C_2 = 100nF \end{array}$$