

Universelles Verstärker- und Schutz-IC

Wie macht man aus einem ratiometrischen einen industriellen Sensor?

Bei zahlreichen Anwendungen in der industriellen Messtechnik besteht das Problem, ein analoges Spannungssignal in ein Standardsignal umzuwandeln. Bei Anwendungen mit Stromausgang kann man auf eine Vielzahl von integrierten Lösungen zurückgreifen. Für industrielle Spannungsausgänge gibt es neuerdings eine integrierte Lösung: AM461

Für die industriellen Anwendungen, die Spannungsausgänge (z.B. 0 bis 5 V oder 0 bis 10 V) verlangen, kann man oberflächlich betrachtet einen einfachen Operationsverstärker (OP) nehmen und sich selbst eine diskrete Schaltung aufbauen. Aber eben nur oberflächlich betrachtet. Je nach Anwendung müssen unter dem Systemaspekt neben dem OP auch Referenzquellen, Schutzbeschaltungen oder Spannungsregler realisiert werden, was unter den vorgegebenen Anforderungen ein nicht unbeträchtliches „Know-how“ im Bereich der Schaltungstechnik voraussetzt.

Zwar ist eine Vielzahl der erwähnten diskreten Komponenten von verschiedenen Herstellern auf dem Markt erhältlich, dennoch ergeben sich bei einer diskreten Lösung oft erhebliche Nachteile:

- ▷ **Miniaturisierung:** Mit zunehmende Komplexität ergeben sich Platzprobleme. In **Bild 1** ist schematisch der Platzbedarf und der Vorteil der Integration dargestellt.
- ▷ **Kostendruck:** Die diskreten Bauteile, die auf dem Markt erhältlich sind, entsprechen oft nicht den Anforderungen der Applikation (z.B. Temperaturverhalten), benötigen folglich

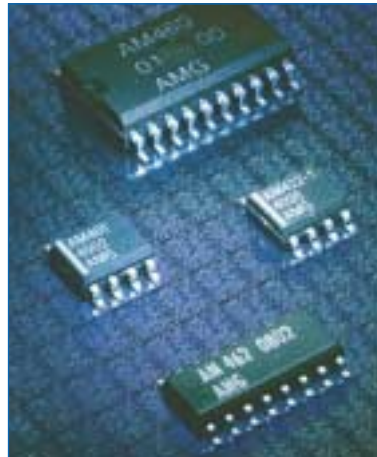


Bild 2: Analog Microelectronics bietet eine ganze Serie von Verstärker- und Schutz-ICs

- größeren Schaltungsaufwand und ergeben in der Summe eine teure Lösung.
- ▷ **Beschaffungsproblematik:** Logistische Probleme entstehen, wenn man bei der Entwicklung auf spezielle Typen angewiesen ist: „Gerade dieser Baustein ist das nächste halbe Jahr nicht lieferbar!“
- ▷ **Entwicklungszeit:** Die fehlende Applikationsunterstützung bei Standardbauteilen führt zu einer Kostensteigerung in Form zusätzlicher Ingenieurstunden. Es muss z.B. ein Verpolschutz in das System integriert oder der Temperatureffekt der Referenz kompensiert werden.

IC für industrielle Spannungsausgänge

Mit dem AM461 bietet Analog Microelectronics GmbH ein monolithisch integriertes Verstärker-IC einer neuen Serie an Verstärker- und Schutz-ICs, oder auch Prozessor-Peripherie-ICs (**Bild 2**) mit einer Reihe von Zusatz- und Schutzfunktionen. Er besteht aus mehreren modularen Funktionsblöcken die durch externe Verknüpfungen zusammengeschaltet oder separat betrieben werden können.

Die Funktionsblöcke sind im einzelnen:

1. Kernstück des AM461 ist eine Operationsverstärkerstufe (OP1). Die Verstärkung G_{OP1} des OP1 ist über externe Widerstände R_1 und R_2 einstellbar. Der Ausgang des Operationsverstärkers ist so konzipiert, dass er bei entsprechender Belastung bis auf Null eingestellt werden kann. Darüber hinaus kann die Ausgangsstufe bis zu 5 mA treiben ohne dass ein externer Transistor angeschlossen werden muss. Als Schutzfunktion ist eine Ausgangstrombegrenzung implementiert, die das IC im Falle eines Kurzschlusses am Ausgang schützt.
2. Die **Referenzspannungsquelle** des AM461 ermöglicht die Spannungsversorgung von externen Komponenten (z.B. Sensoren, μP usw.). Der Wert der Referenzspannung V_{REF} beträgt 5 V. Sie kann bis max. 10 mA belastet werden.
3. Eine zusätzliche **Operationsverstärkerstufe** (OP2) ist als Strom- bzw. Spannungsquelle zur Versorgung von externen Komponenten einsetzbar. Der positive Eingang des OP2 ist dabei intern auf die Spannung V_{BG} gelegt, so dass der Ausgangsstrom bzw. die -spannung durch einen bzw. zwei externe Widerstände über einen weiten Bereich einstellbar ist. Der Ausgang des Operationsverstärkers verfügt ebenfalls über eine hohe Treiberleistung.

Eine wesentliche Eigenschaft ist die Vielzahl an integrierten Schutzfunktionen.

- ▷ Die Anschlusspins V_{OUT} , V_{CC} und GND sind im gesamten Versorgungsspannungsbereich (zwischen 6 und 35 V) dauernd gegen Verpolung geschützt, ohne dass zusätzliche externe Komponenten benötigt werden.
- ▷ Der Ausgang des ICs ist gegen Kurzschluss geschützt.
- ▷ Alle Anschlusspins (außer V_{OUT} , V_{CC} und GND) sind über interne ESD-Dioden geschützt. Diese Dioden sind

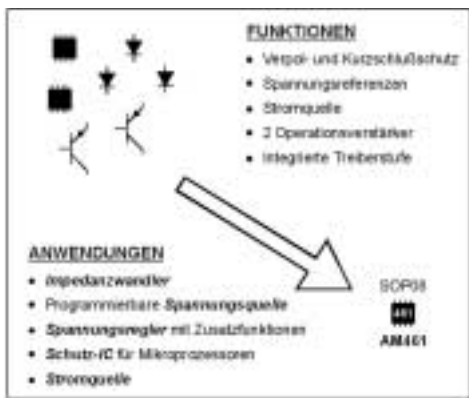


Bild 1: Schematische Darstellung des Platzbedarfs einer komplexen Schaltung bestehend aus Referenzen, Spannungsregler und Schutzfunktionen

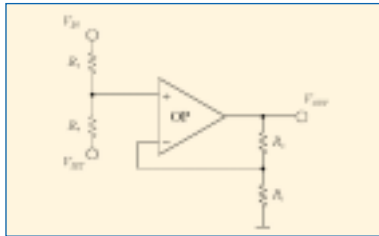


Bild 3: Operationsverstärkerschaltung

spezifiziert bis ± 2 kV (nach dem Human Body Model).

Beispiel mit vorverstärktem Drucksensor

Aus der Vielzahl möglicher Anwendungen wird ein typisches Beispiel aus der Sensorik näher dargestellt. Es zeigt, wie man mit Schaltungs-Know-how und durch Verwendung des AM461 kostengünstige Sensoren entwickeln kann. Im Bereich der Drucksensorik gibt es Hersteller, die vorverstärkte Drucksensoren anbieten. Unter vorverstärkten Sensoren sollen hier Sensoren verstanden werden, bei denen das eigentliche Ausgangssignal der Messzelle bereits fehlerkompensiert und verstärkt worden ist.

Besonders im Kfz-Bereich findet man solche Sensoren, die einen ratiometrischen 0,5- bis 4,5-V-Spannungsausgang bei einer Versorgungsspannung von 5 V liefern (z.B. von Mo-

torola, Fujikura oder AMSYS). Sensoren für industrielle Anforderungen mit einem Ausgangssignal von 4 bis 20 mA oder 0 bis 5 V, einer Versorgungsspannung zwischen 10 und 35 V und integrierten Schutzfunktionen (z.B. Verpolschutz) werden meist als fertige Transmitter mit Anschlussgewinde und konfektioniertem Kabel angeboten (Ausnahme: die AMS5712-Serie der AMSYS). Will man diese industrielle Drucktransmitter individuell einsetzen, ergeben

sich einige Nachteile im Vergleich zu den ratiometrischen Typen:

▷ *Preis:* Im Vergleich zu den die ratiometrischen Sensoren, die meist für höhervolumige Anwendungen entwickelt worden sind, sind sie verhältnismäßig teuer.

▷ *Konfektionierung:* Die industriellen Sensoren sind fertig konfektioniert. Ein Einbau in eigene Systeme oder eine Anpassung auf spezifische Anforderungen ist meist nicht möglich.

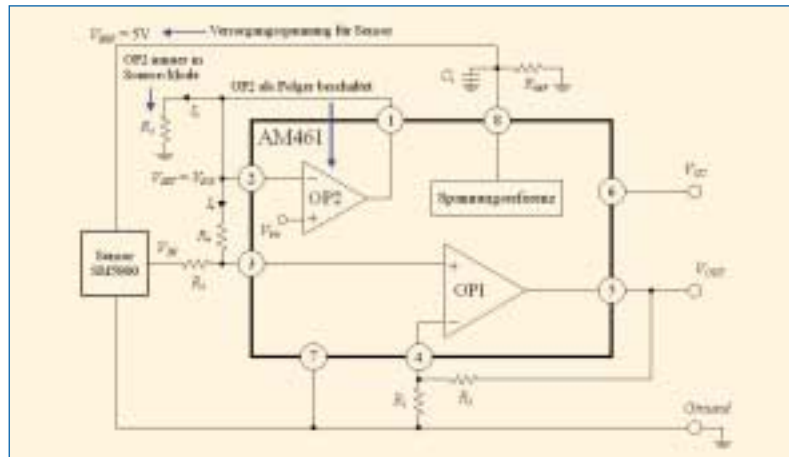


Bild 4: Applikation mit dem AM461 als Spannungswandler



Parameter	Symbol	Wert	Einheit
Verstärkungswiderstand	R_1	100	k Ω
Verstärkungswiderstand	R_2	57,5	k Ω
Einstellwiderstand	R_3	26	k Ω
Einstellwiderstand	R_4	100	k Ω
Lastwiderstand	R_5	1	k Ω

Tabelle 1: Werte für die externen Widerstände in der Schaltung in Bild 4

▷ *Größe der Transmitter:* Die industriellen Transmitter sind meist sehr groß und sind in der Einbauweise vorgegeben.

Es ist demnach nicht verwunderlich, dass zunehmend die kostengünstigen ratiometrischen Sensoren eingesetzt und mit einer eigenen Zusatzschaltung „industrietauglich“ gemacht werden. Hierbei sind eine Vielzahl von zusätzli-

chen Funktionen erforderlich. Dazu gehören: eine Versorgungsquelle für den Sensor, ein Spannungsregler, um die fertige Lösung bei höheren Versorgungsspannungen betreiben zu können, Schutzdioden für einen Verpol- und Kurzschlusschutz und nicht zuletzt eine geeignete Wandlerstufe, die das ratiometrische Signal in ein Standardstrom- oder Spannungssignal wandelt. Wie es einfacher geht, zeigt der nachfolgende Teil des Artikels.

Operationsverstärkerschaltung

Als Sensor kommt der Drucktransmitter SM5800 der Firma AMSYS zum Einsatz. Diese ratiometrischen Sensoren arbeiten mit einer Versorgungsspannung von 5 V und verfügen über eine Ausgangsspannung von 0,5 bis 4,5 V. Dieses Sensorsignal soll nun unter Verwendung einer geeigneten integrierten Schaltung (Platzproblematik) in ein industrielles Ausgangssignal umgewandelt werden. Grundlage der Überlegungen zur Signalwandlung ist eine Operationsverstärkerschaltung, wie sie in **Bild 3** dargestellt ist: Eine Eingangsspannung V_{IN} wird mit Hilfe einer Referenzspannung V_{SET} in eine industrielle Ausgangsspannung V_{OUT} gewandelt. Aus **Bild 3** ergibt sich der folgender Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung:

$$\Delta V_{OUT} = \Delta V_{IN} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot G \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN}} \cdot \frac{R_3 + R_4}{R_4} - 1$$

(1)

Das Verhältnis von R_4/R_3 lässt sich über die Referenzspannung V_{SET} bestimmen:

$$V_{SET} = \frac{R_4 \cdot (\Delta V_{IN} \cdot V_{OUT} - \Delta V_{OUT} \cdot V_{IN})}{R_3 \cdot \Delta V_{OUT}}$$

(2)

Setzt man für die Eingangs- und Ausgangsspannungen konkrete Zahlenwerte ein (in unserem Fall für $V_{IN} = 0,5$ bis 4,5 V und für $V_{OUT} = 1$ bis 6 V), ergibt sich mit Gleichung 2 folgender Zusammenhang:

$$V_{SET} = \frac{R_4 \cdot (4V \cdot 1V - 5V \cdot 0,5V)}{R_3 \cdot 5V} = \frac{R_4}{R_3} \cdot 0,3 \Rightarrow \frac{R_4}{R_3} = \frac{0,3}{V_{SET}}$$

(3)

Mit einer definierten Referenzspannung V_{SET} kann man nun mit den Gleichungen 1 und 3 die konkreten Widerstandsverhältnisse ausrechnen.

Realisierung mit AM461

Nachdem im vorangegangenen Abschnitt die theoretischen Grundlagen für die Signalwandlung erörtert wurden, soll das Beispiel auf eine Schaltung mit dem AM461 adaptiert werden. In **Bild 4** ist eine entsprechende Anwendungsschaltung dargestellt. Zu den Funktionsblöcken im Einzelnen:

▷ *Sensorversorgung:* Der vorgeschaltete Sensor wird von der im AM461 integrierten Spannungsreferenz mit 5 V versorgt, wodurch ein optimales Temperaturmatching erreicht wird.

▷ *OP2 als Folger:* Im AM461 ist ein Operationsverstärker OP2 integriert, mit dem man Strom- oder Spannungsquellen realisieren kann. Mit diesem OP wird die Spannung V_{SET} erzeugt. Der einfachste Weg, eine stabile Spannung zu erzeugen ist, den OP2 als Folger zu beschalten. Damit ergibt sich $V_{SET} = V_{BG} = 1,27$ V (aus Datenblatt AM461). Der Lastwiderstand R_5 wird benötigt, da der OP2 nur Strom liefern kann und nicht sinken. Es muss gelten $I_5 > I_4$.

▷ *Spannungswandlung:* Der Operationsverstärker OP1 wird zur eigentlichen Spannungswandlung und als Ausgangsstufe für V_{OUT} benutzt.

Mit diesen Randbedingungen lassen sich nun die Werte für die externen Widerstände berechnen. Es gilt mit Gleichung 3:

$$\frac{R_4}{R_3} = \frac{0,3}{V_{SET}} = \frac{0,3}{1,27V} \approx 0$$

Setzt man dieses Verhältnis in Gleichung 1 ein, ergibt sich:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN}} \cdot \frac{R_3 + R_4}{R_4} - 1 = \frac{5V}{4V} \cdot \frac{0,26 + 1}{1} - 1 = 0,575$$

Die Werte, die sich für die einzelnen externen Widerstände ergeben, sind in **Tabelle 1** aufgelistet. Unter der Voraussetzung, dass keine nennenswerten Ströme fließen sollen, wurden R_1 und R_4 zu 100 k Ω gewählt.