



AMS 5812 - OEM-Drucksensor mit analogem und digitalem Ausgang

In der Sensorik findet man immer häufiger digitale Signalverarbeitung. Dennoch gibt es bei Sensoren Systemzustände, die durch analoge Werte besser darstellbar sind. Aus Gründen der Redundanz und Systemsicherheit ist es bisweilen vorteilhaft, wenn ein Sensor beide Möglichkeiten bietet.

Am Beispiel des piezoresistiven Drucksensors AMS 5812, beschreibt AMSYS die Kombination aus analogem und digitalem Ausgang, die an konkreten Anwendungen erläutert wird.

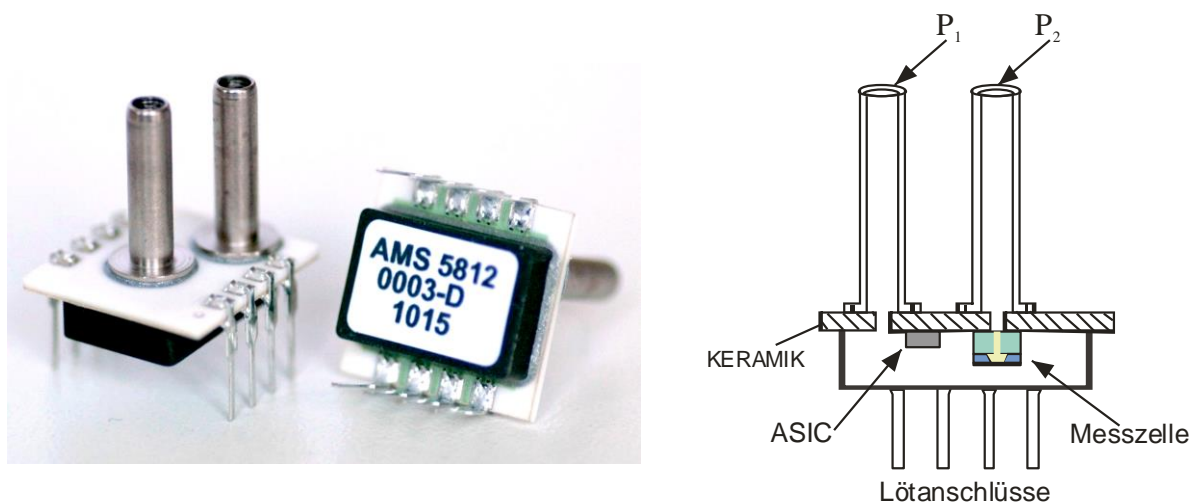


Abbildung 1: Drucksensor AMS 5812, Aufsicht und schematischer Querschnitt
(zum Größenvergleich: Keramiksubstrat hat die Anmessungen 15,2 x 9,4mm²)

Beschreibung des AM5812

Bei der AMS 5812-Serie [\[1\]](#) handelt es sich um OEM-Drucksensoren, die die Messung von Absolutdruck- Relativdruck- und Differenzdruck- sowie bidirektionale differentielle Druckmessung (Unter- und Überdruck) ermöglichen. Diese Sensoren werden bei der Herstellung individuell kalibriert und im Temperaturbereich von -25 bis 85 °C kompensiert. Hohe Messgenauigkeit sowie auch Drift- und Langzeitstabilität sind das Ergebnis hochwertiger piezoresistiver Drucksensorelemente in Kombination mit einer integrierten Auswerteschaltung und einem aufwendigen Abgleich.

Ein Keramiksubstrat mit Dual-In-Line Lötanschlüssen und ein Keramikgehäuse verleihen dem Drucksensor hohe mechanische Stabilität.

Die Sensoren werden für den Druckbereich von 0-0,075 bis 100 PSI angeboten, können aber auch kundenspezifisch abgeglichen werden.

Die AMS 5812 Serie zeichnet sich durch zwei unabhängigen Ausgänge aus, einerseits der analoge ratiometrische Spannungsausgang mit 0,5...4,5V bzw. $2,5V \pm 2V$ (für die bidirektionale differentielle Version) und andererseits ein I²C-Bus-Interface.



AMS 5812 - OEM-Drucksensor mit analogem und digitalem Ausgang

Funktionsprinzip

Die eigentliche Druckmessung findet in der piezoresistiven Silizium-Druckmesszelle der AMS 5812 statt. Dort wird der zu messende Druck in ein differentielles, weitgehend druckproportionales analoges Spannungssignal gewandelt. Anschließend wird dieses Spannungssignal der Messzelle im nachfolgenden ASIC (siehe *Abbildung 2*) verstärkt, über einen Multiplexer zum ADC weitergeleitet und dort in einen Digitalwert gewandelt. Die Wandlungstiefe des ADC beträgt 14 Bit. Um standardisierte Ausgangswerte zu erhalten, werden die digitalisierten Signale in dem nachfolgenden μ P-Block elektronisch abgeglichen das heißt: sie werden kalibriert, temperaturkompensiert und linearisiert.

Zur Kalibration ermittelt man, bei verschiedenen Drücken, für jeden einzelnen Sensor Korrekturkoeffizienten, die im EEPROM gespeichert werden können. Das zur Temperaturkompensation notwendige Temperatursignal wird an der piezoresistiven Druckmesszelle (direkter Medienkontakt) für verschiedene Temperaturen erfasst und in einen Digitalwert konvertiert. Im Mikroprozessor-Block des ASICs läuft ein zyklisches Programm ab, das auf Basis der jeweils digitalisierten Druck- und Temperaturwerte mit Hilfe der Korrekturkoeffizienten das korrigierte und normierte digitale Drucksignal errechnet. Zusätzlich zum Drucksignal wird auch ein normiertes Temperatursignal erzeugt. Die so ermittelten, korrigierten Digitalwerte für Druck und Temperatur werden in das Ausgangsregister des ASICs geschrieben und zyklisch aktualisiert (typ. alle 0,5 ms bei 14 bit ADC-Auflösung). Letztlich stehen sie als digitale Information und mit Hilfe eines internen DAC gewandelt (11bit), als analoges Signal zu Verfügung.

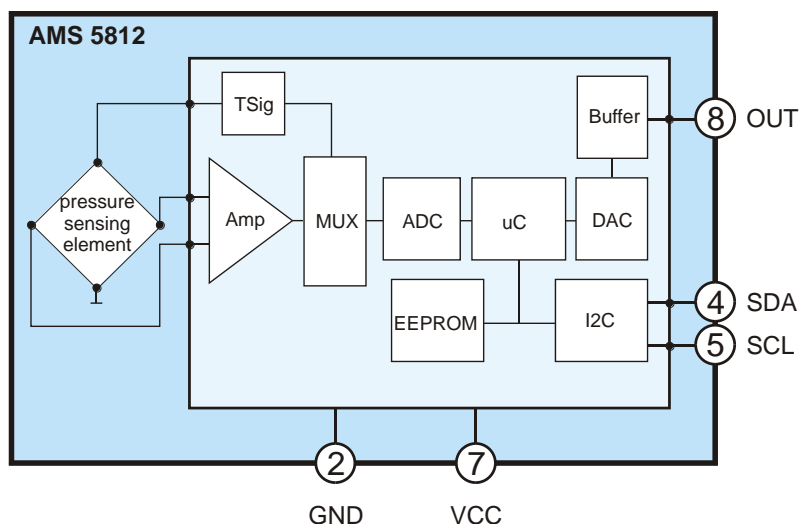


Abbildung 2: Schaltungsprinzip des AMS 5812



AMS 5812 - OEM-Drucksensor mit analogem und digitalem Ausgang

Ratiometrisches analoges Ausgangssignal

Für piezoresistive Messzellen wie im AMS 5812 gilt in erster Näherung die Gleichung:

$V_{OUT} = S \cdot P \cdot V_S$ mit: S = Sensitivität, P = wirkendem Druck und V_S = Versorgungsspannung.

Man sieht, dass das Ausgangssignal einer piezoresistiven Silizium-Messzelle V_{out} direkt von der Versorgungsspannung V_S abhängig ist. Das heißt, dass sich das Signal der Messzelle synchron zur Versorgungsspannungsänderung verhält, was als Ratiometrie [2] bezeichnet wird.

Wenn die Versorgungsspannung V_S sich z.B. mit $\pm 5\%$ ändert, wird sich das Ausgangssignal der Sensormesszelle V_{out} in gleichem Verhältnis ändern.

Geht man davon aus, dass heute bei den meisten Sensoren (auch bei dem AMS 5812) zur Signalverarbeitung ein Mikroprozessor benutzt wird, so ist zur Signalbearbeitung zwangsläufig ein A/D-Konverter erforderlich. Dieser digitalisiert das analoge Ausgangssignal der Messzelle in Relation zu seiner Referenzspannung V_{Ref} . Bei gleichem analogem Eingangswert und gleicher Auflösung, aber bei kleinerer Referenzspannung, wird der konvertierte digitale Wert größer und umgekehrt.

Betrachtet man nun die Kombination Messzelle und A/D-Konverter so wird der digitalisierte Wert von dem Druck, der Auflösung und dem Verhältnis Messzellensignal/Referenzspannung abhängen.

Ändert sich die Versorgungsspannung der Messzelle V_S und des ADC synchron ($V_S = V_{Ref}$), so bleibt bei konstantem Druck ($P = const$) das Verhältnis Messzellensignal/Referenzspannung konstant und man erhält ein digitales Ausgangssignal, das unabhängig von der Änderung der Versorgungsspannung, also nicht ratiometrisch ist und das bei Änderung des Drucks nur von diesem Wert abhängt.

Beim analogen Ausgang des AMS 5812, muss zunächst das digitale Signal mittels eines D/A-Wandlers umgesetzt werden (Abbildung 2). Auch hier spielt die Referenz des Wandlers eine wichtige Rolle. Angenommen das Messzellensignal verändert sich nicht, aber die Referenz des ADC V_S ändert sich um -5% , so wird das digitale Wort um 5% größer sein. Hat der DA-Wandler die gleiche Referenz V_{Ref} , so wird der gewandelte Wert gegenüber der digitalen Zahl um 5% verringert, d.h. die Änderung im D/A wird aufgehoben.

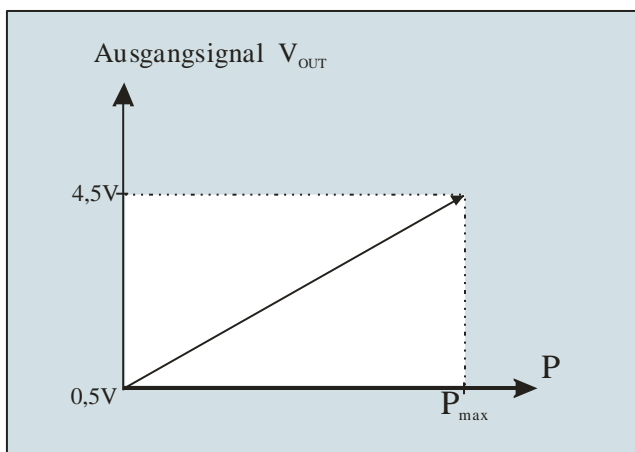


Abbildung 2: Kalibriertes analoges Ausgangssignal AMS 5812

Sind also die Referenz von AD- und DA-Wandler und die Versorgungsspannung der Messzelle identisch, wird das ratiometrische Zellensignal ohne Änderung seines Wertes in ein proportionales analoges Signal gewandelt.

Ändert sich die Versorgungsspannung $V_S = V_{Ref}$ um einen bestimmten Betrag, so führt die Änderung zu einer synchronen Schwankung in der Messzelle und im analogen Ausgangssignal. Das gewandelte analoge Ausgangssignal des AMS 5812 ist dann ebenso ratiometrisch wie das Messzellensignal.



AMS 5812 - OEM-Drucksensor mit analogem und digitalem Ausgang

I²C- Schnittstelle

Die Drucksensoren der Serie AMS 5812 verfügen über einen digitalen Ausgang (I²C -Schnittstelle). Über diese Schnittstelle können die jeweils aktuellen und korrigierten digitalen Druck- und Temperaturwerte aus dem Ausgangsregister des Sensors gelesen werden.

Der serielle I²C- Datenbus gilt seit Jahren als industrieller Standard. Da es sich bei dem AMS 5812 um ein OEM-Bauteil handelt, das vom Kunden am Ort der Messung in ihr jeweiliges System eingebaut wird, war es konsequent, diese einfache Schnittstelle auszuwählen, die insbesondere für kurze Übertragungsstrecken geeignet ist.

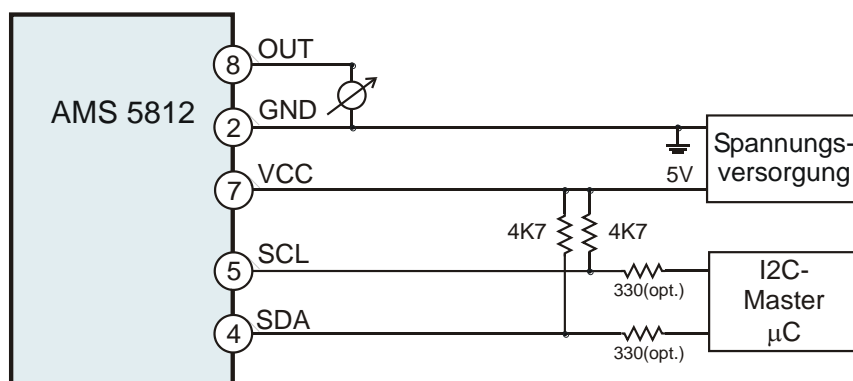


Abbildung 3: Schaltung zur digitalen Signalübertragung bei dem AMS 5812

Die Kommunikation über den I²C-Bus erfolgt nach dem Master-Slave Prinzip, d.h. der Datentransfer wird immer durch einen Master z.B. einen externen Mikroprozessor initiiert, der die Sensoren anspricht. Diese arbeiten als Slave und antworten auf Anforderung nach einem vorgegebenen Protokoll.

Für die Kommunikation über die I²C Schnittstelle sind zwei Bus-Leitungen erforderlich: eine serielle Datenleitung SDA (serial data) und eine serielle Taktleitung SCL (serial clock). SDA und SCL sind bidirektionale Leitungen die über Pull-up Widerstände (Empfehlung R=4,7 k Ω) an die positive Versorgungsspannung angeschlossen werden (siehe [\[1\]](#)).

Die Kommunikation erfolgt nach dem üblichen I²C-Protokoll. Die AMS 5812 haben werksseitig die 7 Bit Slave Adresse 0x78Hex (1111000b).

Sollen mehrere AMS 5812 an einen I²C-Bus angeschlossen werden, so muss jedem Sensor eine individuelle Adresse einprogrammiert werden. Auf Anfrage kann jedem Sensor werksseitig eine zweite 7bit-Adresse programmiert werden. Alternativ kann der Kunde diese Programmierung auch mit dem Starter-Kit [\[3\]](#) vornehmen. Die so programmierten AMS 5812 hören dann auf beide Adressen. Nach dem Schema aus *Abbildung 4* kann ein Sensornetzwerk mit maximal 127 Adressen aufgebaut werden.



AMS 5812 - OEM-Drucksensor mit analogem und digitalem Ausgang

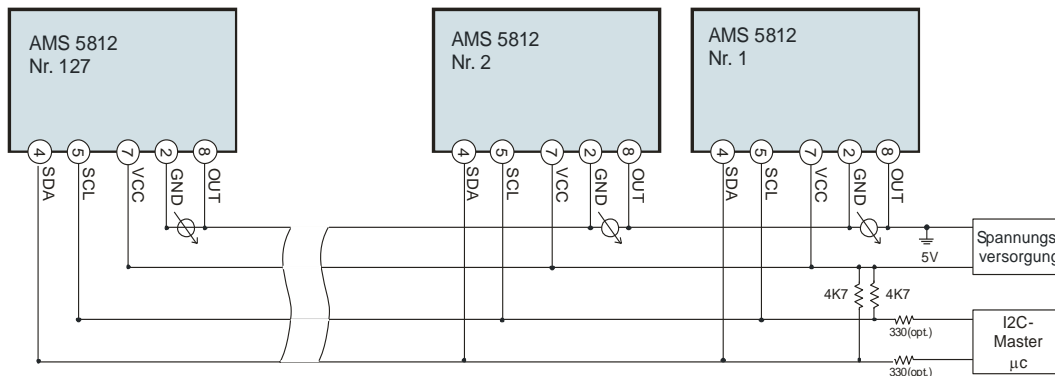


Abbildung 4: Netzwerk mit mehreren AMS 5812

AMS 5812 - Sensoren mit analogem und digitalem Ausgang

Beim AMS 5812 können der analoge und der digitale Ausgang unabhängig voneinander benutzt werden. Der Unterschied zwischen beiden besteht darin, dass das analoge Drucksignal eine Auflösung von 11 bit besitzt, wohingegen das digitale Signal mit 14 bit aufgelöst wird und sowohl Druck als auch Temperatur als Messwert ausgegeben werden.

Das analoge Signal ist ratiometrisch zur Versorgungsspannung, der digitale Wert ist nicht ratiometrisch.

Die Kombination von beiden Funktionen erlauben einige interessante, auch sicherheitsrelevante Anwendungen. Beispielhaft sind dies:

- Analoge lokale Druckkontrolle (mit Anzeigeelement) und digitale Signalverarbeitung
- One-line Fehlererkennung (Messzellenverhalten), wenn analoge Werte außerhalb des gültigen Ausgangsspannungsbereiches liegen
- Digitale Signalverarbeitung für lokale Systemsteuerung und Fernübertragung des analogen Ausgangssignals
- Einstellhilfe für Systemparameter mittels der analogen Anzeige

Digitale Signalverarbeitung und analoge Druckkontrolle

Wenn das Signal, das aus einem digitalen Drucksensor stammt, in einer nachfolgenden Systemelektronik (z.B. Steuerung eines Pumpsystems) verarbeitet wird, ist eine direkte Kontrolle über die korrekte Funktion der gesamten Schaltung nicht ohne weiteres möglich. Bei einem Defekt oder Ausfall des Sensors oder einer anderen Funktionsgruppe der Schaltung weiß man nicht, welches Bauteil das Problem verursacht hat. In einem solchen elektronischen System lässt sich die digitale Signalverarbeitung nach der Messwertaufnahme und Digitalisierung gegebenenfalls über Plausibilitätsroutinen kontrollieren. Über das Verhalten der Messzelle mit der nachfolgenden Verstärkerelektronik kann normalerweise keine direkte Aussage gemacht werden. Bei dem AMS 5812 lässt sich aber bei Kenntnis des angelegten Druckes anhand des analogen Signals (z.B. 0,5 – 4,5 V),



AMS 5812 - OEM-Drucksensor mit analogem und digitalem Ausgang

das einfach mit einem Multimeter oder Voltmeter gemessen werden kann, kontrollieren, ob die Messerfassung korrekt arbeitet. Mit den Plausibilitätsroutinen und der Analogmessung kann daher die Reaktion des gesamten Systems kontrolliert werden.

One-line Fehlererkennung (Messzellenverhalten), wenn analoge Werte außerhalb des gültigen Ausgangsspannungsbereiches liegen

Korrekte Kalibration vorausgesetzt, hat das analoge Ausgangssignal bei dem AMS 5812 mit Ausnahme der bidirektionalen Sensoren seinen Nullpunkt bei 0,5 Volt. Das bedeutet, wenn das Signal bei nominalem Nulldruck einen Wert unterhalb von 0,5 V anzeigt, liegt ein Fehlverhalten vor. Bei 0 V am Ausgang liegt kein Messzellensignal an oder das ASIC ist defekt, was aber durch eine Überprüfung des digitalen Teils kontrolliert werden könnte. Bei Ausgangsspannungen größer als 4,5 V, korrekte Kalibration vorausgesetzt, muss ebenfalls von einem Defekt im Bereich der Messzelle ausgegangen werden.

Digitale Signalverarbeitung für lokale Systemsteuerung und analoge Fernübertragung des Drucksignals

Wird das Drucksignal in Produktionsanlagen nach der Digitalisierung z.B. für eine lokale Systemsteuerung verwendet und möchte man aus Sicherheitsgründen das gesamte System in der Prozessleitstelle kontrollieren, müssen die Kontrollfunktionen bis zur Leitstelle geführt werden. Da es sich bei Sensor abhängigen Prozessen immer um die digitale Weiterverarbeitung des gewandelten analogen Messzellensignals handelt, müssten aus Gründen der Prozesssicherheit (siehe oben) die Messwerterfassung und die Messwertverarbeitung unabhängig voneinander kontrolliert werden können. Falls die Prozesse in rauer Industrieumgebung ablaufen muss auf eine störungsfreie Signalübertragung geachtet werden. In diesem Falle könnte der analoge Anteil über eine 2 oder 3-Leiter Stromleitung störungsfrei zur Leitstelle übertragen werden. Dazu muss mit einem Spannungs-/Strom-Wandler (z.B. AM462 von Analog Microelectronics [4]) das analoge Ausgangsspannungssignal des AMS 5812 in ein standardisiertes 4 (0) – 20mA Signal gewandelt werden, das nahezu über beliebig lange Distanzen übertragen werden kann. (Bei dem 2-Leiter-Betrieb muss darauf geachtet werden, dass die Stromaufnahme des Sensors und die des AM462 die 4Ma-Grenze nicht überschreiten.)

Die korrekte Messwertverarbeitung müsste über die Kontrolle der Systemparameter überprüft werden.

Einstellhilfe für Systemparameter mittels der analogen Anzeige

Möchte man ein komplexeres System, das beispielsweise aus dem Sensor, einer digitalen Steuerung und aus verschiedenen Aktuatoren besteht, einstellen und anschließend die Funktionen überprüfen, so kann die analoge Anzeige gute Hilfe leisten. Man sieht sofort welcher Druck anliegt und kann die Parameter in Abhängigkeit des Druckes entsprechend einstellen. Bei Variation des Druckes kann man anschließend die druckabhängigen Funktionen des Systems direkt überprüfen. Siehe dazu auch AMS 5105, analoger OEM-Sensor mit 2 individuellen Schaltausgängen [5].



AMS 5812 - OEM-Drucksensor mit analogem und digitalem Ausgang

Zusammenfassung

Bei den AMS 5812 handelt es sich um einbaufertige OEM-Drucksensoren, die sich durch einen ratiometrischen, analogen Ausgang und eine digitale I²C-Schnittstelle mit nicht ratiometrischen Werten auszeichnen. Zusätzlich zum Druck kann die Temperatur an der Druckmessstelle erfasst und digital ausgelesen werden. Der Sensor ist montagefertig und benötigt keine zusätzlichen Bauteile.

Die Serie ist für die folgenden Druckbereiche verfügbar:

Niedrigstdruckbereiche differentiell und bidirektional differentiell: 0-0,075; 0-0,15 psi / $\pm 0,075$; 0,15 psi

Niederdruckbereiche differentiell und bidirektional differentiell: 0-0,3; 0-0,8; 0-1,5 psi / $\pm 0,3$; $\pm 0,8$; $\pm 1,5$ psi

Standarddruckbereiche differentiell und bidirektional differentiell: 0-3; 0-5; 0-15; 0-30; 0-60; 0-100 psi / ± 3 ; ± 5 ; ± 15 psi

Druckbereiche absolut: 0-15 psi und 0-30 psi, barometrisch: 11-17,5 psi

Weiterführende Informationen

- [1] Datenblatt AMS 5812:
<http://www.amsys.de/produkte/drucksensoren/ams5812-analog-digitaler-drucksensor/>
- [2] Was ist Ratiometrie?:
<http://www.amsys.de/downloads/notes/AMS5812-Ratiometrie-in-der-Drucksensorik-AMSYS-521d.pdf>
- [3] Starter-Kit AMS 5812:
<http://www.amsys.de/produkte/drucksensoren-zubehoer/starter-kit-fuer-drucksensor-ams-5812/>
- [4] Datenblatt AM462:
<http://www.analog-micro.com/de/produkte/ics/ui-wandler/am462/>
- [5] Produktinformation und Datenblatt AMS 5105:
<http://www.amsys.de/produkte/drucksensoren/ams5105-drucksensor-mit-schaltausgaengen/>

Kontakt

AMSYS GmbH & Co. KG
An der Fahrt 4
55124 Mainz
Deutschland

Telefon: +49 (0) 6131/469875 0
Telefax: +49 (0) 6131/469875 66
E-Mail: info@amsys.de
Internet: <http://www.amsys.de>