



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 101 079.1**

(22) Anmeldetag: **18.01.2022**

(43) Offenlegungstag: **21.07.2022**

(51) Int Cl.: **H03F 3/45 (2006.01)**

H03F 1/34 (2006.01)

G01L 9/04 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

63/139,869 **21.01.2021** **US**

17/560,517 **23.12.2021** **US**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Canzler & Bergmeier Partnerschaft
mbB, 85055 Ingolstadt, DE**

(71) Anmelder:

Maxim Integrated Products, Inc., San Jose, CA, US

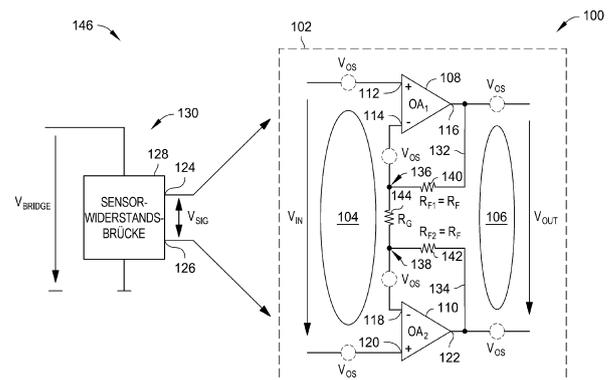
(72) Erfinder:

**Tanase, Gabriel E., Cupertino, CA, US; Chi, Walter,
Santa Clara, CA, US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **OFFSETSPANNUNGSKOMPENSATION**

(57) Zusammenfassung: Eine Sensoroffsetspannungskompensationsschaltung beinhaltet einen Verstärker mit programmierbarer Verstärkung (PGA) mit einer Eingangsschleife, ausgelegt zum Empfangen des durch einen Sensor ausgegebenen Signals (z. B. einer durch eine Sensorwiderstandsbrücke eines Drucksensors erzeugten Spannung), und einer Ausgangsschleife, ausgelegt zum Liefern eines Ausgangssignals mit einer Spannung, die größer als die Eingangsspannung ist. Eine Offsetkompensationsspannung wird an die Eingangsschleife und/oder die Ausgangsschleife des PGA angelegt, um die Nullgrößen-Offsetspannung des Sensors zumindest im Wesentlichen aus der Ausgangsspannung zu entfernen.



Beschreibung

[0001] In einer gängigen Art von Drucksensoren werden gebondete oder geformte Dehnungsmesser, die in einem Substrat ausgebildet sind, genutzt, um eine Dehnung in dem Material des Substrats aufgrund eines aufgebrachtten Drucks zu detektieren. In derartigen Sensoren nutzen die Dehnungsmesser den piezoresistiven Effekt, sodass der Widerstand der Dehnungsmesser mit Druckverformung des Materials der Dehnungsmesser zunimmt. Im Allgemeinen werden die Dehnungsmesser dieser Drucksensoren in einer Brückenkonfiguration (z. B. in einer Wheatstone-Brückenkonfiguration) angeordnet, um die Ausgabe des Sensors zu maximieren und die Fehleranfälligkeit des Sensors zu reduzieren. Die vorliegende Erfindung betrifft eine Offsetspannungskompensationsschaltung nach Anspruch 1, eine Offsetkompensationsschaltung nach Anspruch 8 und eine Sensorbaugruppe nach Anspruch 14. Vorteilhaftige Ausführungsformen der Erfindung sind durch die Merkmale der abhängigen Ansprüche gekennzeichnet.

Figurenliste

[0002] Die Beschreibung der ausführlichen Beschreibung erfolgt unter Bezugnahme auf die begleitenden Figuren. Die Verwendung der gleichen Bezugsziffern in unterschiedlichen Fällen in der Beschreibung und den Figuren kann ähnliche oder identische Gegenstände angeben. Verschiedene Ausführungsformen oder Beispiele („Beispiele“) der vorliegenden Offenbarung sind in der folgenden ausführlichen Beschreibung und den begleitenden Zeichnungen offenbart. Die Zeichnungen sind nicht notwendigerweise maßstabsgetreu. Im Allgemeinen können Operationen offenbarter Prozesse in willkürlicher Reihenfolge durchgeführt werden, sofern nicht anderweitig in den Ansprüchen angegeben.

Fig. 1 ist ein Schaltplan, der eine Sensoroffsetspannungskompensationsschaltung, die unter Verwendung eines Verstärkers mit programmierbarer Verstärkung (PGA: Programmable Gain Amplifier) implementiert ist, gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht.

Fig. 2 ist ein Schaltplan, der eine unter Verwendung eines PGA implementierte Sensoroffsetspannungskompensationsschaltung gemäß der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht, wobei eine Offsetkompensationsspannung an eine Eingangsschleife des PGA angelegt ist.

Fig. 2B ist ein Schaltplan, der einen V/I-Schaltungsblock des in **Fig. 2A** gezeigten PGA gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht.

Fig. 2C ist ein Schaltplan, der eine Stromabgleichschaltung des in **Fig. 2B** gezeigten VI-Blocks gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht.

Fig. 3A ist ein Schaltplan, der eine unter Verwendung eines PGA implementierte Sensoroffsetspannungskompensationsschaltung gemäß der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht, wobei eine Offsetkompensationsspannung an eine Ausgangsschleife des PGA angelegt ist.

Fig. 3B ist ein Schaltplan, der eine programmierbare Stromquelle zum Erzeugen eines Offsetstroms zum Liefern der Offsetkompensationsspannung des in **Fig. 3A** gezeigten PGA gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht.

Fig. 3C ist ein Schaltplan, der eine unter Verwendung von PGAs implementierte Sensoroffsetspannungskompensationsschaltung gemäß der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht, wobei eine Offsetkompensationsspannung an eine Ausgangsschleife des PGA angelegt ist und wobei ein zweiter PGA zum Regeln der Impedanz der Schaltung verwendet wird.

Fig. 4 ist ein Schaltplan, der einen Drucksensor mit einer Sensorwiderstandsbrücke gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

Übersicht

[0003] Sensoren, die zum Messen von Größen wie Druck, Dehnung, Verlagerung, Deformation, Temperatur und dergleichen verwendet werden, haben oftmals Nullgrößen-Offsets (bzw. Nullkomponenten-Offsets) in ihren Ausgaben aufgrund von Mängeln in ihrem Aufbau, die dazu führen, dass die Sensoren eine Ausgabe aufweisen, wenn keine Größe erfasst wird (z. B. die erfasste Größe gleich null (0) ist). So können beispielsweise Drucksensoren, in denen Sensorwiderstandsbrücken zum Messen des Drucks genutzt werden, aufgrund von Faktoren wie Unausgeglichenheit der resistiven Elemente (z. B. Widerstände, Dehnungsmesser usw.), aus denen die Brücke besteht, eine Nulldruckoffsetspannung in ihrer Ausgabe aufweisen. Derartige Sensoren, die beispielsweise Vollaussteuerungsausgangsspannungen im Bereich von 1 bis 5 mV/V liefern können, weisen eingebaute Nulldruckoffsetspannungen von bis zu 100 mV/V auf. Somit lässt sich das Drucksignal nicht genau messen, da die Offsetspannung das Ausgangssignal des Sensors dominiert. Folglich wird möglicherweise eine gewisse Art von Signalkonditionierung genutzt, um diese Offsetspannung zu kompensieren. In früheren Sensorbaugruppen wurde die Offsetspannungskompensation durch Ein-

fügen einer Spannungskompensation im Analog-Front-End des Signalprozessors für den Drucksensor, der eine Berechnung basierend auf Brückenspannung und Analogpfadverstärkung erfordert, adressiert. Die Kompensation wird dann mittels Auswahl entsprechender EEPROM-Bits, die bei Einschalten des Bauelements geladen werden, aktiviert. Die vorliegende Offenbarung sieht eine Nulldruckoffsetspannungskompensation ohne das Erfordernis einer Berechnung vor.

[0004] Dementsprechend wird eine Offsetspannungskompensationsschaltung zum Entfernen der Nulloffsetspannung aus einem durch eine Vorrichtung wie einen Sensor, beispielsweise eine Sensorwiderstandsbrücke eines Drucksensors, erzeugten Signal offenbart. Gemäß der vorliegenden Offenbarung umfasst das durch den Sensor erzeugte Signal eine Spannung (im Folgenden die „Eingangsspannung“), die eine erste Komponentenspannung, die proportional zu der durch den Sensor erfassten physikalischen Größe (z. B. dem Druck) ist, und eine zweite Komponentenspannung, die gleich der Nullgrößen-Offsetspannung ist, die der Spannung entspricht, die durch den Sensor erzeugt wird, wenn keine physikalische Größe durch den Sensor erfasst wird, beispielsweise wenn der durch die Druckwiderstandsbrücke erfasste Druck null (0) beträgt, beinhaltet.

[0005] Die Offsetspannungskompensationsschaltung umfasst einen Verstärker mit programmierbarer Verstärkung (PGA) mit einer Eingangsschleife, ausgebildet zum Empfangen des durch den Sensor ausgegebenen Signals (z. B. einer durch eine Sensorwiderstandsbrücke eines Drucksensors erzeugten Spannung), und einer Ausgangsschleife, ausgebildet zum Liefern eines Ausgangssignals mit einer Spannung, die größer als die Eingangsspannung ist. Eine Offsetkompensationsspannung wird an die Eingangsschleife und/oder die Ausgangsschleife des PGA angelegt, um die Nullgrößen-Offsetspannung zumindest teilweise aus der an den ADU gelieferten Ausgangsspannung zu entfernen. Die Offsetkompensationsspannung ist proportional zu der an den Sensor zum Erfassen der physikalischen Größe angelegten Vorspannung. So ist beispielsweise in Ausführungsformen, in denen der Sensor eine Druckwiderstandsbrücke umfasst, die Offsetkompensationsspannung proportional zu der an die Sensorwiderstandsbrücke angelegten Brückenspannung.

[0006] In Ausführungsformen umfasst der PGA einen ersten Verstärker mit einem ersten Eingang, einem ersten invertierenden Eingang und einem ersten Ausgang und einen zweiten Verstärker mit einem zweiten Eingang, einem zweiten invertierenden Eingang und einem zweiten Ausgang. Der erste Eingang und der zweite Eingang bilden die Eingangs-

schleife und sind zum Empfangen einer Eingangsspannung von dem Sensor ausgebildet, wobei die Eingangsspannung eine Sensorausgangsspannung, die proportional zu einer durch den Sensor erfassten physikalischen Größe ist, und eine Nullgrößen-Offsetspannung, die einer Spannung entspricht, die durch den Sensor ausgegeben wird, wenn keine physikalische Größe durch den Sensor erfasst wird, umfasst. Der erste Ausgang und der zweite Ausgang bilden die Ausgangsschleife und sind zum Liefern einer Ausgangsspannung an einen Analog-Digital-Umsetzer (ADU) ausgebildet, der die Ausgangsspannung in ein digitales Signal umsetzt, das zur Verarbeitung an einen digitalen Signalprozessor oder dergleichen geliefert wird. Eine Offsetkompensationsspannung wird mit einem Widerstand an den ersten invertierenden Eingang und den zweiten invertierenden Eingang angelegt, um die Nullgrößen-Offsetspannung zumindest teilweise aus der Ausgangsspannung zu entfernen. In Ausführungsformen ist die Offsetkompensationsspannung proportional zu der an den Sensor zum Erfassen der physikalischen Größe angelegten Vorspannung und umfasst einen aus der über den Widerstand angelegten Vorspannung erzeugten Offsetstrom.

Implementierungsbeispiele

[0007] Unter Bezugnahme auf **Fig. 1** wird eine Offsetspannungskompensationsschaltung 100 gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Offenbarung beschrieben. Wie gezeigt, umfasst die Offsetspannungskompensationsschaltung 100 einen Verstärker mit programmierbarer Verstärkung (PGA) 102, der eine Eingangsschleife 104 und eine Ausgangsschleife 106 beinhaltet. Wie gezeigt, ist die Eingangsschleife 104 dazu ausgebildet, das durch eine Vorrichtung, wie etwa die Sensorwiderstandsbrücke 128 eines Sensors 130 oder dergleichen, ausgegebene Signal zu empfangen.

[0008] In Ausführungsformen umfasst der PGA 102 einen oder mehrere Verstärker. Wie gezeigt, kann der PGA 102 beispielsweise zumindest einen ersten Operationsverstärker (OA1) 108 und einen zweiten Operationsverstärker (OA2) 110 umfassen. Der erste Operationsverstärker 108 beinhaltet einen ersten nichtinvertierenden Eingang 112, einen ersten invertierenden Eingang 114 und einen ersten Ausgang 116. Gleichermaßen beinhaltet der zweite Operationsverstärker 110 einen zweiten nichtinvertierenden Eingang 120, einen zweiten invertierenden Eingang 118 und einen zweiten Ausgang 122. Der erste nichtinvertierende Eingang 112 und der zweite nichtinvertierende Eingang 120 sind mit den Ausgängen 124 bzw. 126 der Sensorwiderstandsbrücke 128 gekoppelt, sodass die an den ersten nichtinvertierenden Eingang 112 und den zweiten nichtinvertierenden Eingang 120 angelegte Eingangsspannung V_{IN}

gleich der durch die Sensorwiderstandsbrücke 128 erzeugten Ausgangssignalspannung V_{SIG} ist.

[0009] Die Ausgangsschleife 106 wird durch den ersten Ausgang 116 und den zweiten Ausgang 122 gebildet, die eine Ausgangsspannung V_{OUT} aufweisen, die um einen Anteil gleich der Verstärkung G des PGA größer als die Eingangsspannung V_{IN} ist. Wie gezeigt, umfassen die Operationsverstärker 108, 110 nichtinvertierende Verstärker mit negativen Rückkopplungsschleifen 132, 134 über Spannungsteiler R_{F1}/R_G 136 bzw. R_{F2}/R_G 138, die durch Widerstände 140, 142, 144 mit Widerstandswerten R_{F1} , R_{F2} bzw. R_G gebildet werden. Somit beträgt die Verstärkung G des PGA $1 + 2R_F/R_G$, wobei $R_F = R_{F1} = R_{F2}$ gilt, sodass $V_{OUT} = V_{IN} \cdot (1 + 2 \cdot R_F/R_G)$ gilt. Ein ADU (nicht gezeigt) setzt die Ausgangsspannung V_{OUT} in ein digitales Signal um, das zur Verarbeitung an einen digitalen Signalprozessor geliefert wird.

[0010] Die Eingangsspannung V_{IN} ist gleich der durch die Sensorwiderstandsbrücke 128 ausgegebenen Signalspannung V_{SIG} , die aus einer ersten Komponenten(ausgangs)spannung, die proportional zu der durch den Sensor 130 erfassten physikalischen Größe (z. B. Druck) ist, und einer zweiten Komponentenspannung gleich der Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ besteht. Die Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ entspricht der Spannung, die durch den Sensor erzeugt wird, wenn keine physikalische Größe durch den Sensor 130 erfasst wird (z. B. wenn die durch die Sensorwiderstandsbrücke 128 erfasste Größe (z. B. Druck) null (0) beträgt). In einer typischen Implementierung, in der der Sensor 130 einen Drucksensor umfasst und die Sensorwiderstandsbrücke 128 eine Drucksensorwiderstandsbrücke umfasst, kann beispielsweise die durch die Sensorwiderstandsbrücke erzeugte Ausgangsspannung im Bereich von 1 mV/V bis 5 mV/V liegen, während die Nulldruckoffsetspannung $V_{SIG(0)}$ bis zu 100 mV/V betragen kann.

[0011] Gemäß der vorliegenden Offenbarung legt die Offsetspannungskompensationsschaltung 100 eine erzeugte Offsetkompensationsspannung V_{OS} an die Eingangsschleife und/oder die Ausgangsschleife des PGA 102 an. Beispielsweise kann die Offsetspannungskompensationsschaltung 100 in verschiedenen Ausführungsformen, wie in **Fig. 1** gezeigt, die Offsetkompensationsspannung V_{OS} an den ersten invertierenden Eingang 114 und/oder den zweiten invertierenden Eingang 120, an den ersten nichtinvertierenden Eingang 112 und/oder den zweiten nichtinvertierenden Eingang 118 oder den ersten Ausgang 116 und/oder den zweiten Ausgang 122 anlegen. So kann die Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ zumindest im Wesentlichen aus der Ausgangsspannung V_{OUT} des PGA 102 entfernt werden.

[0012] In Ausführungsformen ist die Offsetkompensationsspannung V_{OS} gleich oder im Wesentlichen gleich der Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ und ist proportional zu der an den Sensor zum Erfassen der physikalischen Größe angelegten Vorspannung. Beispielsweise ist die Offsetkompensationsspannung V_{OS} in Ausführungsformen, in denen der Sensor 130 einen Drucksensor umfasst und die Sensorwiderstandsbrücke eine Druckwiderstandsbrücke umfasst, gleich oder im Wesentlichen gleich der Nulldruckoffsetspannung $V_{SIG(0)}$ und ist proportional zu der an die Druckwiderstandsbrücke angelegten Brückenspannung V_{BRIDGE} .

[0013] **Fig. 2A**, **Fig. 2B** und **Fig. 2C** veranschaulichen eine Implementierung der Offsetspannungskompensationsschaltung 100 von **Fig. 1** gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Offenbarung. Wie in **Fig. 2A** gezeigt, ist die Offsetspannungskompensationsschaltung 100 von **Fig. 1** als eine Sensornullgrößen-Offsetspannungskompensationsschaltung 200 ausgebildet, die einen ersten Verstärker mit programmierbarer Verstärkung (PGA) 202 umfasst, der eine Eingangsschleife 204 oder eine Ausgangsschleife 206 aufweist. Der PGA 202 beinhaltet einen ersten Operationsverstärker (OA_1) 208 und einen zweiten Operationsverstärker (OA_2) 210. Der erste Operationsverstärker 208 beinhaltet einen ersten nichtinvertierenden Eingang 212, einen ersten invertierenden Eingang 214 und einen ersten Ausgang 216. Gleichermaßen beinhaltet der zweite Operationsverstärker 210 einen zweiten nichtinvertierenden Eingang 218, einen zweiten invertierenden Eingang 220 und einen zweiten Ausgang 222.

[0014] Die Eingangsschleife 204 ist dazu ausgebildet, das durch die Sensorwiderstandsbrücke 228 des Sensors 230 ausgegebene Signal zu empfangen. Insbesondere sind, wie gezeigt, der erste nichtinvertierende Eingang 212 und der zweite nichtinvertierende Eingang 218 mit den Ausgängen 224 bzw. 226 der Sensorwiderstandsbrücke 228 gekoppelt, sodass die an den ersten nichtinvertierenden Eingang 212 und den zweiten nichtinvertierenden Eingang 218 angelegte Eingangsspannung V_{IN} gleich der durch die Sensorwiderstandsbrücke 228 erzeugten Ausgangssignalspannung V_{SIG} ist.

[0015] Die Ausgangsschleife 206 wird durch den ersten Ausgang 216 und den zweiten Ausgang 222 gebildet, die eine Ausgangsspannung V_1 aufweisen, die um einen Anteil gleich der Verstärkung G des PGA größer als die Eingangsspannung V_{IN} ist. Wie gezeigt, umfassen die Operationsverstärker 208, 210 nichtinvertierende Verstärker mit negativen Rückkopplungsschleifen 232, 234 über Spannungsteiler R_{F1}/R_G 236 bzw. R_{F2}/R_G 238, die durch Widerstände 240, 242, 244 mit Widerstandswerten R_{F1} , R_{F2} bzw. R_G gebildet werden. Somit beträgt die

Spannungsverstärkung G_1 des ersten PGA 202 $1 + 2R_F/R_G$, wobei $R_F=R_{F1}=R_{F2}$ gilt.

[0016] Die Eingangsspannung V_{IN} ist gleich der durch die Sensorwiderstandsbrücke 228 ausgegebenen Signalspannung V_{SIG} , die aus einer ersten Komponenten(ausgangs)spannung, die proportional zu der durch den Sensor 230 erfassten physikalischen Größe (z. B. Druck) ist, und einer zweiten Komponentenspannung gleich der Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ besteht. Die Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ entspricht der Spannung, die durch den Sensor erzeugt wird, wenn keine physikalische Größe durch den Sensor 230 erfasst wird (z. B. wenn die durch die Sensorwiderstandsbrücke 228 erfasste Größe (z. B. Druck) null (0) beträgt). In einer Implementierung, in der der Sensor 230 einen Drucksensor umfasst und die Sensorwiderstandsbrücke 228 eine Drucksensorwiderstandsbrücke umfasst, kann beispielsweise die durch die Sensorwiderstandsbrücke erzeugte Ausgangsspannung im Bereich von 1 mV/V bis 5 mV/V liegen, während die Nulldruckoffsetspannung $V_{SIG(0)}$ bis zu 100 mV/V betragen kann.

[0017] Gemäß der vorliegenden Offenbarung legt die Sensoroffsetspannungskompensationsschaltung 200 eine erzeugte Offsetkompensationsspannung V_{OS} an die Eingangsschleife des PGA 202 an. In Ausführungsformen ist die Offsetkompensationsspannung V_{OS} gleich oder im Wesentlichen gleich der Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ und ist proportional zu der an den Sensor 230 zum Erfassen der physikalischen Größe angelegten Vorspannung. Beispielsweise ist die Offsetkompensationsspannung V_{OS} in Ausführungsformen, in denen der Sensor 230 einen Drucksensor umfasst und die Sensorwiderstandsbrücke eine Druckwiderstandsbrücke umfasst, gleich oder im Wesentlichen gleich der Nulldruckoffsetspannung $V_{SIG(0)}$ und ist proportional zu der an die Druckwiderstandsbrücke angelegten Brückenspannung V_{BRIDGE} .

[0018] Insbesondere kann die Sensoroffsetspannungskompensationsschaltung 200, wie in **Fig. 2A** gezeigt, die Offsetkompensationsspannung V_{OS} an die invertierenden Eingänge 214, 220 des ersten und des zweiten Operationsverstärkers 208, 210 durch Erzeugen einer Spannung gleich der Nulldruckoffsetspannung $V_{SIG(0)}$ über einen Offsetwiderstand 246 mit einem Widerstandswert R_O anlegen. In der gezeigten Ausführungsform wird die an den Sensor 230 angelegte Vorspannung (z. B. die Brückenspannung V_{BRIDGE}) durch Spannung-Strom-Wandler (V/I) 248, 250 in Strom umgewandelt, um Offsetströme I_P und I_N zu erzeugen, die in Ausführungsformen gleich oder im Wesentlichen gleich und so angepasst sind, dass die Offsetkompensationsspannung V_{OS} gleich dem erzeugten Offsetstrom I_P und I_N multipliziert mit dem Widerstandswert

R_O des Offsetwiderstands 246 ist. Somit gilt $V_{OS} = I \cdot R_O$, wobei $I = I_P = I_N$ gilt.

[0019] **Fig. 2B** und **Fig. 2C** veranschaulichen einen beispielhaften Spannung-Strom-Wandler (V/I) 248, 250, der durch die Sensoroffsetspannungskompensationsschaltung 200 zum Erzeugen der Offsetströme I_P und I_N genutzt werden kann. In Ausführungsformen wird die Offsetkompensationsspannung V_{OS} derart erzeugt, dass sie gleich oder zumindest im Wesentlichen gleich der Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ ist, die proportional zu der Vor(brücken)spannung V_{BRIDGE} ist. Somit gilt $V_{OS} = V_{SIG(0)} = \epsilon_{VOS} \cdot V_{BRIDGE}$. Wie in **Fig. 2B** gezeigt, erzeugen die Spannung-Strom-Wandler (V/I) 248, 250 Offsetströme I_P und I_N aus der Vor(brücken)spannung V_{BRIDGE} . Diese Offsetströme I_P und I_N , die in Ausführungsformen gleich sind, können als $I = I_P = I_N = K_I \cdot V_{BRIDGE}/R_{TRIM}$ ausgedrückt werden, wobei R_{TRIM} ein variabler Abgleichwiderstandswert ist und durch den digitalen Signalprozessor 252 ausgewählt und durch Abgleichschaltungen 254, 256 (**Fig. 2C**) erzeugt wird. Nichtsdestotrotz wird in Betracht gezogen, dass in vielen Ausführungsformen Unausgeglichenheiten zwischen den Offsetströmen I_P und I_N vorliegen werden. Somit kann der Offsetstrom I_P durch $I_P = I \cdot (1 + \Delta I_P/I_P)$ bestimmt werden, während der Offsetstrom I_N durch $I_N = I \cdot (1 + \Delta I_N/I_N)$ bestimmt werden kann, wobei ΔI_P und ΔI_N diese Unausgeglichenheiten beschreiben.

[0020] **Fig. 2C** veranschaulicht beispielhafte Abgleichschaltungen 254, 256 der Spannung-Strom-Wandler (V/I) 248, 250. Wie gezeigt, wird in den Abgleichschaltungen 254, 256 ein Digital-Analog-Umsetzer (DAU) 258 genutzt, um den Abgleichwiderstandswert R_{TRIM} als Reaktion auf ein digitales Signal von einem digitalen Signalprozessor 252 auszuwählen. In Ausführungsformen wird die Anzahl von Abgleichbits, die durch den DAU 258 zum Erzeugen des Widerstandswerts R_{TRIM} genutzt werden, anhand der geringsten Spanne der ersten Komponenten(ausgangs)spannung und der größten Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ des durch den Sensor 230 ausgegebenen Signals bestimmt. So würde der DAU 258 beispielsweise für einen Sensor 230 mit einer geringsten Spanne von 1 mV/V und einer größten Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ von 50 mV/V mindestens neun (9) Bit benötigen, um den Druckbereich 20 dB unter der geringsten Spanne zu erweitern, und würde somit einen Zwölf(12)-Bit-DAU 258 verwenden.

[0021] In der veranschaulichten Ausführungsformen wählt ein digitaler Signalprozessor 252 die Verstärkung G des PGA 202 aus und steuert die Erzeugung und das Anlegen einer Offsetkompensationsspannung V_{OS} an den PGA 202 so, dass der Betrag und die Polarität der Offsetkompensationsspannung V_{OS}

die Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ aufheben. Wie in **Fig. 2A** gezeigt, steuert der digitale Signalprozessor 252 die Schalter K_1 260, K_2 262, K_3 264, K_4 266, K_5 268 und K_6 270. Der Schalter K_1 260 verbindet die Ausgänge 224, 226 des Sensors 230 mit der Eingangsschleife 204 des ersten PGA 202. Der Schalter K_2 262 wird zur Kalibrierung der Sensoroffsetspannungskompensationsschaltung 200 verwendet. Die Schalter K_3 und K_4 werden zum Auswählen der Polarität der Offsetkompensationsspannung V_{OS} verwendet. Die Positionen der Schalter K_3 und K_4 264, 265 werden durch die Polarität der Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ bestimmt und werden durch den digitalen Signalprozessor 252 entsprechend geschlossen/geöffnet (gekippt). Die Schalter K_5 und K_6 268, 270 verbinden/trennen ihre jeweiligen Spannung-Strom-Wandler (V/I) 248, 250.

[0022] Ist die Eingangsspannung gleich der Offsetkompensationsspannung ($V_{IN} = V_{OS}$), beträgt die Ausgangsspannung (V_1) des ersten PGA 202 $V_1 = (V_{OS} + V_{OS1} - I_P \cdot R_O) \cdot (1 + 2 \cdot R_F/R_G) + R_F \cdot (I_N - I_P)$, wobei $V_{OS1} = V_{OS1b} - V_{OS1a}$ gilt. Da die Verstärkung (G_1) des ersten PGA 202 $G_1 = 1 + 2 \cdot R_F/R_G$ beträgt, wird die Ausgangsspannung V_1 des ersten PGA 202 durch $V_1 = [\varepsilon_{VOS} \cdot K_I \cdot (R_O/R_{TRIM})] \cdot V_{BRIDGE} \cdot G_1 + V_{OS1} \cdot G_1 + K_I \cdot V_{BRIDGE} \cdot (R_F/R_{TRIM}) \cdot (\Delta I_N/I_N - \Delta I_P/I_P)$ bestimmt. Somit erfolgt eine Aufhebung der Nullgrößen-Offsetspannung, wenn der Abgleichwiderstandswert $R_{TRIM} = K_I \cdot R_O/\varepsilon_{VOS}$ beträgt. Folglich liefert die Sensoroffsetspannungskompensationsschaltung 200 eine Aufhebung der Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$, sodass die Spannung über dem Widerstand ausschließlich oder zumindest hauptsächlich die erste Komponente (Ausgangsspannung) des Sensors 330 ohne oder zumindest größtenteils ohne Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ ist. Somit ist die Nullgrößen-Offsetkompensation unabhängig von der Vor(brücken)spannung (V_{BRIDGE}) des Sensors 230 und der Verstärkung (G_1) des PGA 202.

[0023] Wie in **Fig. 2A** gezeigt, umfasst die Sensoroffsetspannungskompensationsschaltung 200 ferner einen zweiten Verstärker mit programmierbarer Verstärkung (PGA) 2. Der zweite PGA 272 wandelt die Ausgangsspannung V_1 des ersten PGA 202 in eine zweite Ausgangsspannung V_2 mit einer geringeren Impedanz um. Ein Analog-Digital-Umsetzer (ADU) 274 setzt die Ausgangsspannung V_2 in ein digitales Signal um, das zur Verarbeitung an den digitalen Signalprozessor 252 geliefert wird.

[0024] **Fig. 3A**, **Fig. 3B** und **Fig. 3C** veranschaulichen zusätzliche Implementierungen der Offsetspannungskompensationsschaltung 100 von **Fig. 1** gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Offenbarung. Wie in **Fig. 3A** und **Fig. 3C** gezeigt, ist die Offsetspannungskompensationsschaltung von **Fig. 1** als eine Sensornull-Offsetspannungskom-

pensationsschaltung 300 ausgebildet, die einen Verstärker mit programmierbarer Verstärkung (PGA) 302 umfasst, der eine Eingangsschleife 304 oder eine Ausgangsschleife 306 aufweist. Der PGA 302 beinhaltet einen ersten Operationsverstärker (OA_1) 308 und einen zweiten Operationsverstärker (OA_2) 310. Der erste Operationsverstärker 308 beinhaltet einen ersten nichtinvertierenden Eingang 312, einen ersten invertierenden Eingang 314 und einen ersten Ausgang 316. Gleichermäßen beinhaltet der zweite Operationsverstärker 310 einen zweiten nichtinvertierenden Eingang 318, einen zweiten invertierenden Eingang 320 und einen zweiten Ausgang 322.

[0025] Die Eingangsschleife 304 ist dazu ausgebildet, das durch die Sensorwiderstandsbrücke 328 des Sensors 330 ausgegebene Signal zu empfangen. Insbesondere sind, wie gezeigt, der erste nichtinvertierende Eingang 312 und der zweite nichtinvertierende Eingang 318 mit den Ausgängen 324 bzw. 326 der Sensorwiderstandsbrücke 328 gekoppelt, sodass die an den ersten nichtinvertierenden Eingang 312 und den zweiten nichtinvertierenden Eingang 318 angelegte Eingangsspannung V_{IN} gleich der durch die Sensorwiderstandsbrücke 328 erzeugten Ausgangsspannung V_{SIG} ist.

[0026] Die Ausgangsschleife 306 wird durch den ersten Ausgang 316 gebildet und der zweite Ausgang 322 weist eine Ausgangsspannung V_{OUT} auf, die um einen Anteil gleich der Verstärkung G des PGA 202 größer als die Eingangsspannung V_{IN} ist. Wie gezeigt, umfassen die Operationsverstärker 308, 310 nichtinvertierende Verstärker mit negativen Rückkopplungsschleifen 332, 334 über Spannungsteiler R_{F1}/R_G 336 bzw. R_{F2}/R_G 338, die durch Widerstände 340, 342, 344 mit Widerstandswerten R_{F1} , R_{F2} bzw. R_G gebildet werden. Somit beträgt die Verstärkung G des PGA 302 $1 + 2 \cdot R_F/R_G$, wobei $R_F = R_{F1} = R_{F2}$ gilt.

[0027] Die Eingangsspannung V_{IN} ist gleich der durch die Sensorwiderstandsbrücke 328 ausgegebenen Signalspannung V_{SIG} , die aus einer ersten Komponente (Ausgangsspannung), die proportional zu der durch den Sensor 330 erfassten physikalischen Größe (z. B. Druck) ist, und einer zweiten Komponentenspannung gleich der Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ besteht. Die Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ entspricht der Spannung, die durch den Sensor erzeugt wird, wenn keine physikalische Größe durch den Sensor 330 erfasst wird (z. B. wenn die durch die Sensorwiderstandsbrücke 328 erfasste Größe (z. B. Druck) null (0) beträgt). In einer Implementierung, in der der Sensor 330 einen Drucksensor umfasst und die Sensorwiderstandsbrücke 328 eine Drucksensorwiderstandsbrücke umfasst, kann beispielsweise die durch die Sensorwiderstandsbrücke erzeugte Ausgangsspannung im Bereich von 1

mV/V bis 5 mV/V liegen, während die Nulldruckoffsetspannung $V_{SIG(0)}$ bis zu 100 mV/V betragen kann.

[0028] In den veranschaulichten Ausführungsformen legt die Sensoroffsetkompensationsschaltung 300 eine erzeugte Sensoroffsetkompensationsspannung V_{OS} an die Ausgangsschleife 306 des PGA 302 an, die gleich oder im Wesentlichen gleich der Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ ist und proportional zu der an den Sensor 330 zum Erfassen der physikalischen Größe angelegten Vorspannung ist. Beispielsweise ist die Offsetkompensationsspannung V_{OS} in Ausführungsformen, in denen der Sensor 330 einen Drucksensor umfasst und die Sensorwiderstandsbrücke eine Druckwiderstandsbrücke umfasst, gleich oder im Wesentlichen gleich der Nulldruckoffsetspannung $V_{SIG(0)}$ und ist proportional zu der an die Druckwiderstandsbrücke angelegten Brückenspannung V_{BRIDGE} .

[0029] Insbesondere beinhaltet die Sensoroffsetspannungskompensationsschaltung 300 eine programmierbare Stromquelle 346, die einen Offsetkompensationsstrom I_{OS} erzeugt. Der erzeugte Strom I_{CAL} wird mittels eines Schalters 348 abhängig von der Polarität der Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ entweder an den Ausgang OUT_1 316 oder den Ausgang OUT_2 322 des PGA 302 geliefert. Die durch den Strom I_{OS} bereitgestellte Offsetkompensation zeigt sich somit an der Ausgangsschleife 306 des PGA 302 anstatt der Ausgangsschleife 304.

[0030] Fig. 3B veranschaulicht eine beispielhafte programmierbare Stromquelle 346, die durch die Offsetspannungskompensationsschaltung 300 von Fig. 3A zum Erzeugen des Offsetstroms I_{OS} genutzt werden kann. In Ausführungsformen ist die Offsetkompensationsspannung V_{OS} gleich oder zumindest im Wesentlichen gleich der Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$, die proportional zu der Vor(brücken)spannung V_{BRIDGE} ist. Somit gilt $V_{OS} = V_{SIG(0)} = \epsilon \cdot V_{BRIDGE}$. Wie in Fig. 3B gezeigt, erzeugt die spannungsprogrammierbare Stromquelle 346 den Offsetstrom I_{OS} aus der Vor(brücken)spannung V_{BRIDGE} .

[0031] Wie angemerkt, beträgt die Verstärkung G des PGA 302 $1 + 2 \cdot (R_F/R_G)$. Somit beträgt die Ausgangsspannung $V_{OUT} = R_{F2} \cdot I_{OS} + V_{IN} \cdot [1 + (R_{F1} + R_{F2})/R_G] = -R_{F2} \cdot I_{OS} + V_{IN} \cdot G$. Somit gilt, wenn $V_{IN} = V_{OS}$ gilt, $V_{OUT} = -R_F \cdot I_{OS} + V_{OS} \cdot [1 + 2 \cdot (R_F/R_G)] = -R_F \cdot I_{OS} + V_{OS} \cdot G$. Entsprechend gilt, um eine Eingangsoffsetspannungskalibrierung zu erzielen: $V_{OUT} = 0$, was zu $I_{OS} = G \cdot (V_{OS}/R_F)$ führt. Aus Fig. 3B gilt jedoch $I_{OS} = V_{BRIDGE}/[(K+1) \cdot R_{TRIM}]$, wobei die Offsetkompensationsspannung proportional zu der Vor(brücken)spannung $V_{OS} = \epsilon \cdot V_{BRIDGE}$ ist und wobei R_{TRIM} ein variabler Abgleichwiderstandswert ist und durch einen digitalen Signalprozessor ausgewählt wird. Folglich gilt $1 = \epsilon \cdot (K+1) \cdot G \cdot (R_{TRIM}/R_F)$.

Somit basiert eine Nullgrößen-Offsetkompensation auf dem Widerstandsverhältnis und tritt auf, wenn der Abgleichwiderstandswert $R_{TRIM} = R_F/[\epsilon \cdot (K+1) \cdot G]$ beträgt.

[0032] Wie in Fig. 3B gezeigt, beinhaltet die programmierbare Stromquelle 346 eine Abgleichschaltung 368 zum Auswählen des Abgleichwiderstandswerts R_{TRIM} . In Ausführungsformen kann in der Abgleichschaltung 368 ein Digital-Analog-Umsetzer (DAU) genutzt werden, um den Abgleichwiderstandswert R_{TRIM} als Reaktion auf ein digitales Signal von einem digitalen Signalprozessor auszuwählen (siehe Fig. 2C).

[0033] In Fig. 3C beinhaltet die Sensoroffsetspannungskompensationsschaltung 300 ferner einen zweiten Verstärker mit programmierbarer Verstärkung (PGA) 350, der zum Regeln der Impedanz der Ausgangsspannung V_{O1} des ersten PGA 302 verwendet wird. Wie gezeigt, umfasst der zweite PGA 350 einen dritten Operationsverstärker (OA₃) 352 mit einem dritten nichtinvertierenden Eingang 354, einem dritten invertierenden Eingang 356 und einem dritten Ausgang 358 und einen vierten Operationsverstärker (OA₄) 360 mit einem vierten nichtinvertierenden Eingang 362, einem vierten invertierenden Eingang 362 und einem vierten Ausgang 366. Der dritte nichtinvertierende Eingang 354 und der vierte nichtinvertierende Eingang 362 sind über Widerstände 370 bzw. 372 (die jeweils einen Widerstandswert R_O aufweisen) mit dem ersten Ausgang 316 des ersten Operationsverstärkers 308 und dem zweiten Ausgang des zweiten Operationsverstärkers 310 gekoppelt und weisen eine Spannung V_{O1} auf.

[0034] Der dritte Ausgang 358 und der vierte Ausgang 366 weisen eine Ausgangsspannung V_{O2} auf, die um einen Anteil gleich der Verstärkung G_2 des zweiten PGA 350 größer als die Ausgangsspannung des ersten PGA 302 (in Fig. 3C als V_{O1} bezeichnet) ist. Wie gezeigt, umfassen der dritte und der vierte Operationsverstärker 352, 360 nichtinvertierende Verstärker mit negativen Rückkopplungsschleifen 374, 376 über Spannungsteiler R_{F3}/R_G 378 bzw. R_{F4}/R_G 380, die durch Widerstände 382, 384, 386 mit Widerstandswerten R_{F3} , R_{F4} bzw. R_{G2} gebildet werden, wobei $R_F = R_{F1} = R_{F2} = R_{F3} = R_{F4}$ und $R_G = R_{G1} = R_{G2}$ gilt. Somit beträgt die Verstärkung G_2 des zweiten PGA 302 $1 + 2 \cdot R_F/R_G$.

[0035] In den veranschaulichten Ausführungsformen beinhaltet die Sensoroffsetspannungskompensationsschaltung 300 eine zweite programmierbare Stromquelle 388, die einen zweiten Offsetkompensationsstrom I_{OS2} erzeugt. (In Fig. 3C ist der durch die erste programmierbare Stromquelle erzeugte Strom als I_{OS1} bezeichnet.) Der erzeugte Strom I_{OS2} wird mittels eines Schalters 390 abhängig von der Polarität der Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ entweder

an den nichtinvertierenden Eingang 354 des dritten Operationsverstärkers 352 oder den nichtinvertierenden Eingang 362 des vierten Operationsverstärkers 360 des zweiten PGA 350 geliefert. Die durch den Strom I_{OS2} bereitgestellte Offsetkompensation zeigt sich somit an der Ausgangsschleife 392 des zweiten PGA 350.

[0036] Für die in **Fig. 3C** gezeigte Offsetkompensationsschaltung gestattet das Hinzufügen der Offsetwiderstände 370, 372 mit dem Widerstandswert R_O , dass die Kalibrierung der Offsetkompensationsspannung V_{OS} unabhängig von dem Rückkopplungswiderstandswert R_F der PGAs 302, 350 ist. Die Ausgangsspannung V_{O1} des ersten PGA 302 beträgt $-R_O \cdot I_{OS2} - R_{F2} \cdot I_{OS1} + V_{IN} \cdot [1 + (R_{F1} + R_{F2})/R_G]$. Unter der Annahme, dass die Eingangsspannung gleich der Offsetkompensationsspannung ist ($V_{IN} = V_{OS}$), beträgt die Ausgangsspannung V_{O1} des ersten PGA 302, wenn kein Widerstandswert bereitgestellt ist ($R_O = 0$), $-R_F \cdot I_O + V_{OS} \cdot [1 + 2 \cdot (R_F/R_G)]$. Um die Schaltung für die Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ zu kalibrieren, beträgt die Ausgangsspannung des ersten PGA 302 null ($V_{O1} = 0$), wenn der Offsetstrom I_O (V_{OS}/R_F) $\cdot [1 + 2 \cdot (R_F/R_G)]$ beträgt. Somit ist, wenn der Widerstandswert R_O null beträgt, die Kalibrierung der Offsetkompensationsspannung V_{OS} basierend auf dem Offsetstrom I_O eine Funktion des Rückkopplungswiderstandswert R_F . Wird jedoch ein Offsetwiderstandswert R_O gleich der Hälfte des Verstärkungswiderstandswerts R_G hinzugefügt ($R_O = R_G/2$), beträgt die Ausgangsspannung V_{O1} unter der Annahme, dass $V_{IN} = V_{OS}$ gilt, $(V_{OS} - R_O \cdot I_O) \cdot [1 + 2 \cdot (R_F/R_G)]$. Um die Schaltung für die Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ zu kalibrieren, beträgt die Ausgangsspannung des ersten PGA 302 null ($V_{O1} = 0$), wenn der Offsetstrom I_O V_{OS}/R_O beträgt. Somit ist, bei Bereitstellung eines Widerstandswerts R_O , der gleich der Hälfte des Verstärkungswiderstandswerts ist, wie in **Fig. 3C** gezeigt, die Kalibrierung der Offsetkompensationsspannung V_{OS} basierend auf dem Abgleich des Offsetstroms I_O unabhängig von dem Rückkopplungswiderstandswert R_F .

[0037] Wie in **Fig. 1**, **Fig. 2A**, **Fig. 3A** und **Fig. 3C** gezeigt, bilden die Sensoroffsetspannungskompensationsschaltungen 100, 200, 300 und die jeweiligen Sensoren 130, 230, 330 zusammen jeweils ein Sensorsystem 146 (**Fig. 1**), 276 (**Fig. 2A**) bzw. 394 (**Fig. 3A** und **Fig. 3C**), die andere Komponenten beinhalten können. In Ausführungsformen können die Sensoroffsetspannungskompensationsschaltungen 100, 200, 300, die Sensoren 130, 230, 330 und/oder die Sensorsysteme 132, 276, 394 als ein oder mehrere integrierte Schaltungschips, wie etwa Chips einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (ASIC) oder dergleichen, gefertigt sein.

[0038] Die Sensoren 130, 230, 330 können eine beliebige Art von Sensor umfassen, der eine wie vorliegend beschriebene Nullgrößen-Offsetspannung erzeugen kann. Beispielsweise können die Sensoren 130, 230, 330 in Ausführungsformen einen Druckbrückensensor umfassen. In derartigen Ausführungsformen können die Sensoren 130, 230, 330 eine beliebige einer Vielzahl von Fertigungstechniken nutzen, wie etwa Silizium (monokristallin), Polysilizium-Dünnschicht, gebondete Metallfolie, Dickfilm, Silizium-auf-Saphir, gesputterter Dünnschicht und so weiter.

[0039] **Fig. 4** veranschaulicht einen beispielhaften Sensor 400 gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Offenbarung. Der Sensor 400, der in Ausführungsformen einen Drucksensor umfassen kann, beinhaltet eine Sensorwiderstandsbrücke 402, die gebondete oder geformte Dehnungsmesser (als Widerstände 404, 406, 408, 410 gezeigt), die in einem Substrat ausgebildet sind, nutzt, um eine Dehnung in einem Material aufgrund eines aufgetragenen Drucks zu detektieren. Die Dehnungsmesser 404, 406, 408, 410 nutzen den piezoresistiven Effekt, sodass die Widerstandswerte der Dehnungsmesser 404, 406, 408, 410 mit Druckverformung des Materials des Substrats zunehmen. Wie gezeigt, sind die Dehnungsmesser 404, 406, 408, 410 in einer Brückenschaltungskonfiguration (z. B. in einer Wheatstone-Brückenkonfiguration) angeordnet. In der veranschaulichten Ausführungsform sind die Dehnungsmesser 404, 406, 408, 410 der Sensorwiderstandsbrücke 402 in einer geschlossenen Brückenkonfiguration angeordnet. Es wird jedoch in Betracht gezogen, dass die Sensorwiderstandsbrücke 402 eine halboffene Konfiguration, eine vollständig offene Konfiguration oder dergleichen nutzen kann. Der Sensor 400 kann eine Vielzahl von Techniken nutzen, wie etwa Silizium (monokristallin), Polysilizium-Dünnschicht, gebondete Metallfolie, Dickfilm, Silizium-auf-Saphir, gesputterten Dünnschicht und so weiter.

[0040] Wie gezeigt, wird bei Anlegen einer Vor(brücken)spannung V_{BRIDGE} über der Sensorwiderstandsbrücke 402 eine Spannung V_{SIG} über den Ausgängen 412, 414 erzeugt. Wie oben angemerkt, beinhaltet diese Spannung V_{SIG} eine erste Komponente gleich der Ausgangsspannung V_{SIG} , die proportional zu der durch den Sensor 400 erfassten physikalischen Größe (z. B. Druck) ist, und eine zweite Komponentenspannung gleich der Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$. Die Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ entspricht der Spannung, die durch den Sensor erzeugt wird, wenn keine physikalische Größe durch den Sensor 400 erfasst wird, zum Beispiel wenn die durch die Sensorwiderstandsbrücke 402 erfasste Größe (z. B. Druck) null (0) beträgt. Diese Nullgrößen-Offsetspannung $V_{SIG(0)}$ wird durch Mängel im Aufbau der Sensorwiderstandsbrücke

cke 402 verursacht, wie etwa Unausgeglichenheit der Widerstandswerte der Dehnungsmesser 404, 406, 408, 410 oder dergleichen, wodurch bewirkt wird, dass der Sensor 400 eine Ausgangsspannung aufweist, wenn keine Größe (z. B. Druck) erfasst wird (z. B. die erfasste Größe null (0) beträgt). In einer typischen Implementierung, in der der Sensor 130 einen Drucksensor umfasst und die Sensorwiderstandsbrücke 128 eine Drucksensorwiderstandsbrücke umfasst, kann beispielsweise die durch die Sensorwiderstandsbrücke erzeugte Ausgangsspannung im Bereich von 1 mV/V bis 5 mV/V liegen, während die Nulldruckoffsetspannung $V_{SIG(0)}$ bis zu 100 mV/V betragen kann.

[0041] Bei Darlegung von Elementen von Aspekten der Offenbarung oder der Beispiele davon sollen die Artikel „ein“, „eine“ und „der/die/das“ bedeuten, dass ein oder mehrere der Elemente vorliegen. Die Begriffe „umfassen“, „beinhalten“ und „aufweisen“ sollen einschließend sein und bedeuten, dass zusätzlich zu den genannten Elementen weitere Elemente vorlegen können.

[0042] Aspekte der Offenbarung wurden detailliert beschrieben, wobei es sich versteht, dass Modifikationen und Variationen möglich sind, ohne vom Schutzzumfang der Aspekte der Offenbarung gemäß Definition in den beigefügten Ansprüchen abzuweichen. Da verschiedene Änderungen an den obigen Konstruktionen, Produkten und Verfahren vorgenommen werden könnten, ohne vom Schutzzumfang von Aspekten der Offenbarung abzuweichen, sind sämtliche in der obigen Beschreibung enthalten und in den begleitenden Zeichnungen gezeigten Gegenstände als veranschaulichend und nicht beschränkend zu interpretieren.

Patentansprüche

1. Offsetspannungskompensationsschaltung, die Folgendes umfasst:
einen ersten Verstärker mit einem ersten Eingang, einem ersten invertierenden Eingang und einem ersten Ausgang; und
einen zweiten Verstärker mit einem zweiten Eingang, einem zweiten invertierenden Eingang und einem zweiten Ausgang;
wobei der erste Eingang und der zweite Eingang eine Eingangsschleife bilden, die zum Empfangen einer Eingangsspannung von einem Sensor ausgebildet ist, wobei die Eingangsspannung eine Sensorausgangsspannung, die proportional zu einer durch den Sensor erfassten physikalischen Größe ist, und eine Nullgrößen-Offsetspannung, die einer Spannung entspricht, die durch den Sensor ausgegeben wird, wenn keine physikalische Größe durch den Sensor erfasst wird, umfasst,
wobei der erste Ausgang und der zweite Ausgang eine Ausgangsschleife zum Liefern einer Ausgangs-

spannung an einen Analog-Digital-Umsetzer bilden und
wobei eine Offsetkompensationsspannung mit einem Widerstand an den ersten invertierenden Eingang und den zweiten invertierenden Eingang angelegt wird, wobei die Offsetkompensationsspannung angelegt wird, um die Nullgrößen-Offsetspannung zumindest im Wesentlichen aus der Ausgangsspannung zu entfernen, wobei die Offsetkompensationsspannung proportional zu einer an den Sensor zum Erfassen der physikalischen Größe angelegten Vorspannung ist und wobei die Ausgangskompensationsspannung einen aus der über den Widerstand angelegten Vorspannung erzeugten Offsetstrom umfasst.

2. Offsetspannungskompensationsschaltung nach Anspruch 1, wobei der erste und der zweite Verstärker Operationsverstärker umfassen.

3. Offsetspannungskompensationsschaltung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Ausgangsschleife dazu ausgebildet ist, mit einem Analog-Digital-Umsetzer zum Umsetzen der Ausgangsspannung in ein digitales Signal gekoppelt zu werden, wobei das digitale Signal an einen digitalen Signalprozessor geliefert wird, der dazu ausgebildet ist, zu bewirken, dass der Offsetstrom als Reaktion darauf erzeugt wird.

4. Offsetspannungskompensationsschaltung nach Anspruch 3, ferner umfassend einen Spannung-Strom-Wandler, ausgebildet zum Erzeugen des Offsetstroms aus der Vorspannung unter Verwendung eines variablen Abgleichwiderstandswerts, der durch den digitalen Signalprozessor über eine Abgleichschaltung ausgewählt wird.

5. Offsetspannungskompensationsschaltung nach Anspruch 4, wobei die Abgleichschaltung einen mit dem digitalen Signalprozessor gekoppelten Digital-Analog-Umsetzer umfasst, wobei der Digital-Analog-Umsetzer zum Auswählen eines Abgleichwiderstandswerts als Reaktion auf ein digitales Signal von dem digitalen Signalprozessor ausgebildet ist.

6. Offsetspannungskompensationsschaltung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei der digitale Signalprozessor die Offsetkompensationsspannung so steuert, dass der Betrag und die Polarität der Offsetkompensationsspannung die Nullgrößen-Offsetspannung aufheben.

7. Offsetspannungskompensationsschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Sensor einen Drucksensor umfasst und die physikalische Größe einen Druck umfasst.

8. Offsetkompensationsschaltung, die Folgendes umfasst:

einen Verstärker mit programmierbarer Verstärkung, dazu ausgebildet, mit einem Sensor gekoppelt zu werden, der zum Erfassen einer physikalischen Größe ausgebildet ist, wobei der Verstärker mit programmierbarer Verstärkung Folgendes umfasst:

einen ersten Verstärker mit einem ersten Eingang, einem ersten invertierenden Eingang und einem ersten Ausgang; und

einen zweiten Verstärker mit einem zweiten Eingang, einem zweiten invertierenden Eingang und einem zweiten Ausgang;

wobei der erste Eingang und der zweite Eingang eine Eingangsschleife bilden, die zum Empfangen einer Eingangsspannung von dem Sensor ausgebildet ist, wobei die Eingangsspannung eine Sensorausgangsspannung, die proportional zu einer durch den Sensor erfassten physikalischen Größe ist, und eine Nullgrößen-Offsetspannung, die einer Spannung entspricht, die durch den Sensor ausgegeben wird, wenn keine physikalische Größe durch den Sensor erfasst wird, umfasst,

wobei der erste Ausgang und der zweite Ausgang eine Ausgangsschleife zum Liefern einer Ausgangsspannung an einen Analog-Digital-Umsetzer bilden und

wobei eine Offsetkompensationsspannung mit einem Widerstand an den ersten invertierenden Eingang und den zweiten invertierenden Eingang angelegt wird, wobei die Offsetkompensationsspannung angelegt wird, um die Nullgrößen-Offsetspannung zumindest im Wesentlichen aus der Ausgangsspannung zu entfernen, wobei die Offsetkompensationsspannung proportional zu einer an den Sensor zum Erfassen der physikalischen Größe angelegten Vorspannung ist und wobei die Ausgangskompensationsspannung einen aus der über den Widerstand angelegten Vorspannung erzeugten Offsetstrom umfasst; und

einen Analog-Digital-Umsetzer zum Umsetzen der Ausgangsspannung in ein digitales Signal zur Verarbeitung.

9. Offsetkompensationsschaltung nach Anspruch 8, ferner umfassend einen digitalen Signalprozessor, ausgebildet zum Empfangen des digitalen Signals von dem Analog-Digital-Umsetzer und zum Bewirken, dass der Strom als Reaktion darauf erzeugt wird.

10. Offsetspannungskompensationsschaltung nach Anspruch 9, ferner umfassend einen Spannung-Strom-Wandler, ausgebildet zum Erzeugen des Offsetstroms aus der Vorspannung unter Verwendung eines variablen Abgleichwiderstandswerts, der durch den digitalen Signalprozessor über eine Abgleichschaltung ausgewählt wird.

11. Offsetspannungskompensationsschaltung nach Anspruch 10, wobei die Abgleichschaltung einen mit dem digitalen Signalprozessor gekoppelten Digital-Analog-Umsetzer umfasst, wobei der Digital-Analog-Umsetzer zum Auswählen eines Abgleichwiderstandswerts als Reaktion auf ein digitales Signal von dem digitalen Signalprozessor ausgebildet ist.

12. Offsetspannungskompensationsschaltung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei der digitale Signalprozessor die Offsetkompensationsspannung so steuert, dass der Betrag und die Polarität der Offsetkompensationsspannung die Nullgrößen-Offsetspannung aufheben.

13. Offsetspannungskompensationsschaltung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, wobei der Sensor einen Drucksensor umfasst und die physikalische Größe einen Druck umfasst.

14. Sensorbaugruppe, die Folgendes umfasst: einen Sensor, ausgebildet zum Erfassen einer physikalischen Größe, wobei der Sensor zum Erzeugen einer ersten Spannung bei Anlegen einer Vorspannung an den Sensor ausgebildet ist, wobei die erste Spannung eine Sensorausgangsspannung, die proportional zu der durch den Sensor erfassten physikalischen Größe ist, und eine Nullgrößen-Offsetspannung, die der Sensorausgangsspannung entspricht, die durch den Sensor erzeugt wird, wenn keine physikalische Größe durch den Sensor erfasst wird, umfasst; und

eine Signalverarbeitungsbaugruppe, wobei die Signalverarbeitungsbaugruppe Folgendes umfasst:

einen Verstärker mit programmierbarer Verstärkung, der mit dem Sensor verbunden ist, wobei der Verstärker mit programmierbarer Verstärkung einen ersten Verstärker mit einem ersten Eingang, einem ersten invertierenden Eingang und einem ersten Ausgang und einen zweiten Verstärker mit einem zweiten Eingang, einem zweiten invertierenden Eingang und einem zweiten Ausgang umfasst;

wobei der erste Eingang und der zweite Eingang eine Eingangsschleife bilden, die zum Empfangen einer Eingangsspannung von dem Sensor ausgebildet ist, wobei die Eingangsspannung eine Sensorausgangsspannung, die proportional zu einer durch den Sensor erfassten physikalischen Größe ist, und eine Nullgrößen-Offsetspannung, die einer Spannung entspricht, die durch den Sensor ausgegeben wird, wenn keine physikalische Größe durch den Sensor erfasst wird, umfasst,

wobei der erste Ausgang und der zweite Ausgang eine Ausgangsschleife zum Liefern einer Ausgangsspannung an einen Analog-Digital-Umsetzer bilden und

wobei eine Offsetkompensationsspannung mit einem Widerstand an den ersten invertierenden Eingang und den zweiten invertierenden Eingang ange-

legt wird, wobei die Offsetkompensationsspannung angelegt wird, um die Nullgrößen-Offsetspannung zumindest im Wesentlichen aus der Ausgangsspannung zu entfernen, wobei die Offsetkompensationsspannung proportional zu einer an den Sensor zum Erfassen der physikalischen Größe angelegten Vorspannung ist und wobei die Ausgangskompensationsspannung einen aus der über den Widerstand angelegten Vorspannung erzeugten Offsetstrom umfasst;

einen Analog-Digital-Umsetzer zum Umsetzen der Ausgangsspannung in ein digitales Signal; und einen digitalen Signalprozessor, ausgebildet zum Empfangen des digitalen Signals von dem Analog-Digital-Umsetzer und zum Bewirken, dass die Offsetkompensationsspannung dem Verstärker mit programmierbarer Verstärkung als Reaktion darauf bereitgestellt wird.

15. Sensorbaugruppe nach Anspruch 14, wobei der erste Verstärker und der zweite Verstärker Operationsverstärker umfassen.

16. Sensorbaugruppe nach Anspruch 14 oder 15, ferner umfassend einen Spannung-Strom-Wandler, ausgebildet zum Erzeugen des Offsetstroms aus der Vorspannung unter Verwendung eines variablen Abgleichwiderstandswerts, der durch den digitalen Signalprozessor über eine Abgleichschaltung ausgewählt wird.

17. Sensorbaugruppe nach Anspruch 16, wobei die Abgleichschaltung einen mit dem digitalen Signalprozessor gekoppelten Digital-Analog-Umsetzer umfasst, wobei der Digital-Analog-Umsetzer zum Auswählen eines Abgleichwiderstandswerts als Reaktion auf ein digitales Signal von dem digitalen Signalprozessor ausgebildet ist.

18. Offsetspannungskompensationsschaltung nach einem der Ansprüche 14 bis 17, wobei der digitale Signalprozessor die Offsetkompensationsspannung so steuert, dass der Betrag und die Polarität der Offsetkompensationsspannung die Nullgrößen-Offsetspannung aufheben.

19. Sensorbaugruppe nach einem der Ansprüche 14 bis 18, wobei der Sensor eine Sensorwiderstandsbrücke umfasst, die mehrere Dehnungsmesser nutzt.

20. Sensorbaugruppe nach einem der Ansprüche 14 bis 19, wobei der Sensor einen Drucksensor umfasst und die physikalische Größe einen Druck umfasst.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

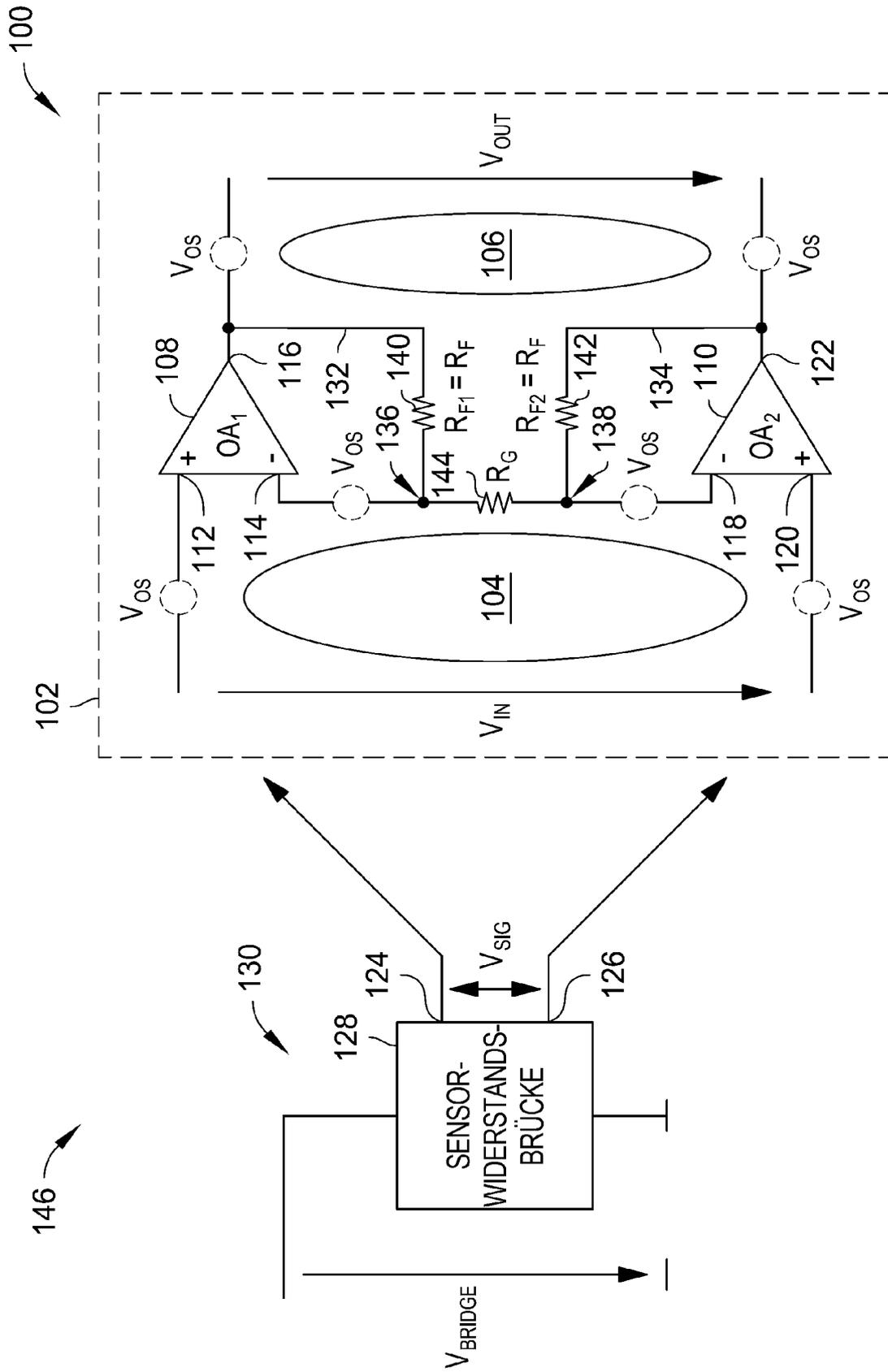


FIG. 1

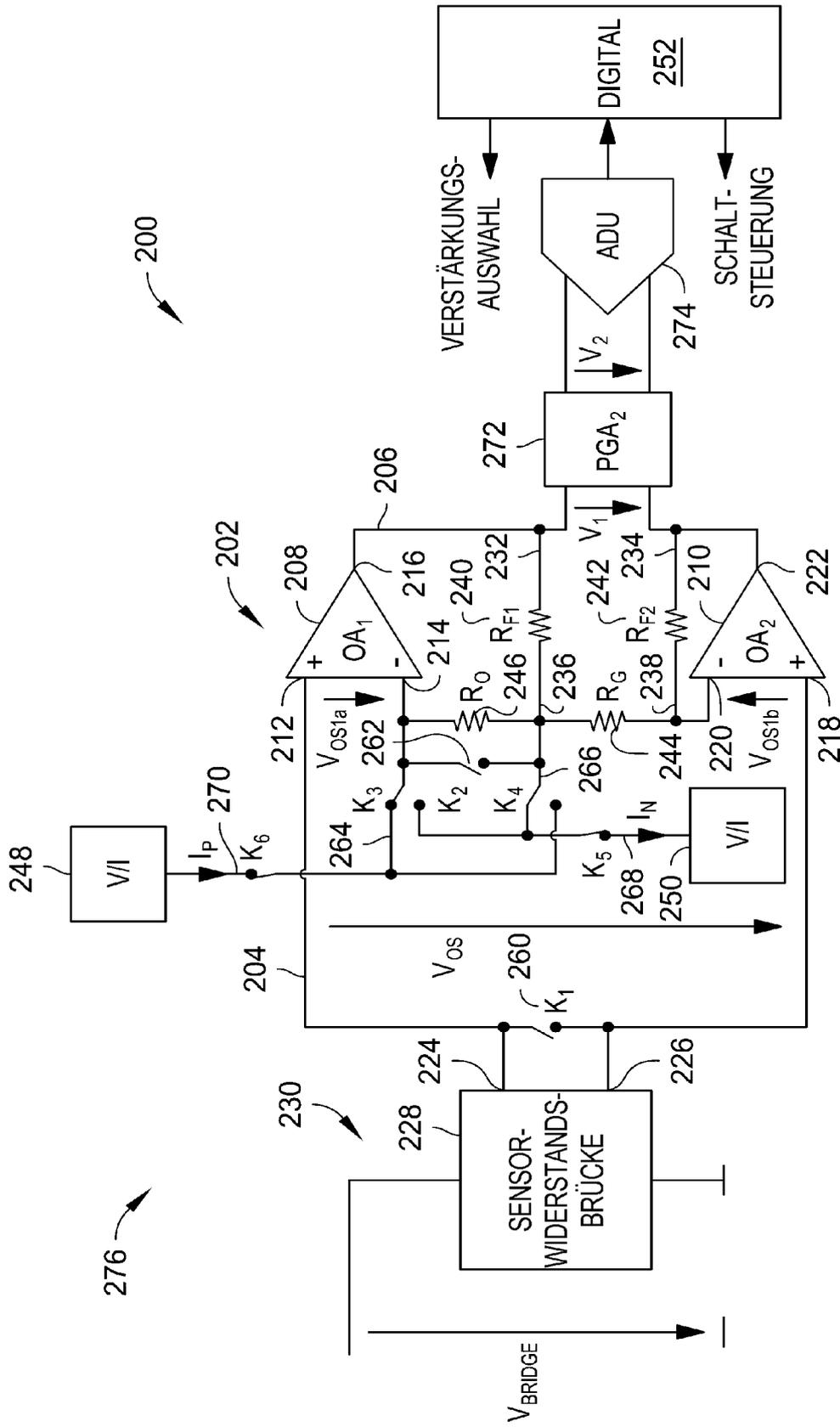


FIG. 2A

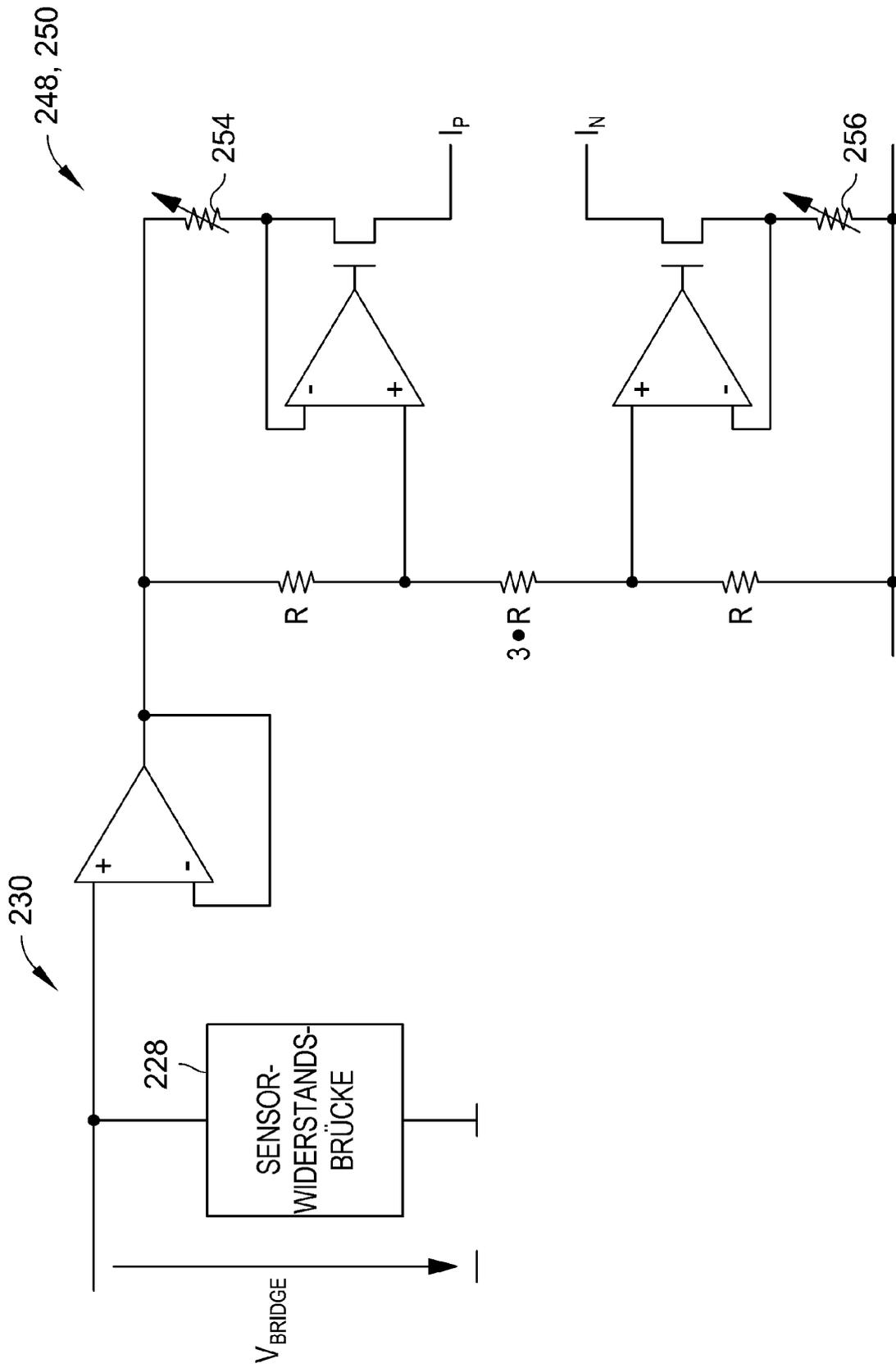


FIG. 2B

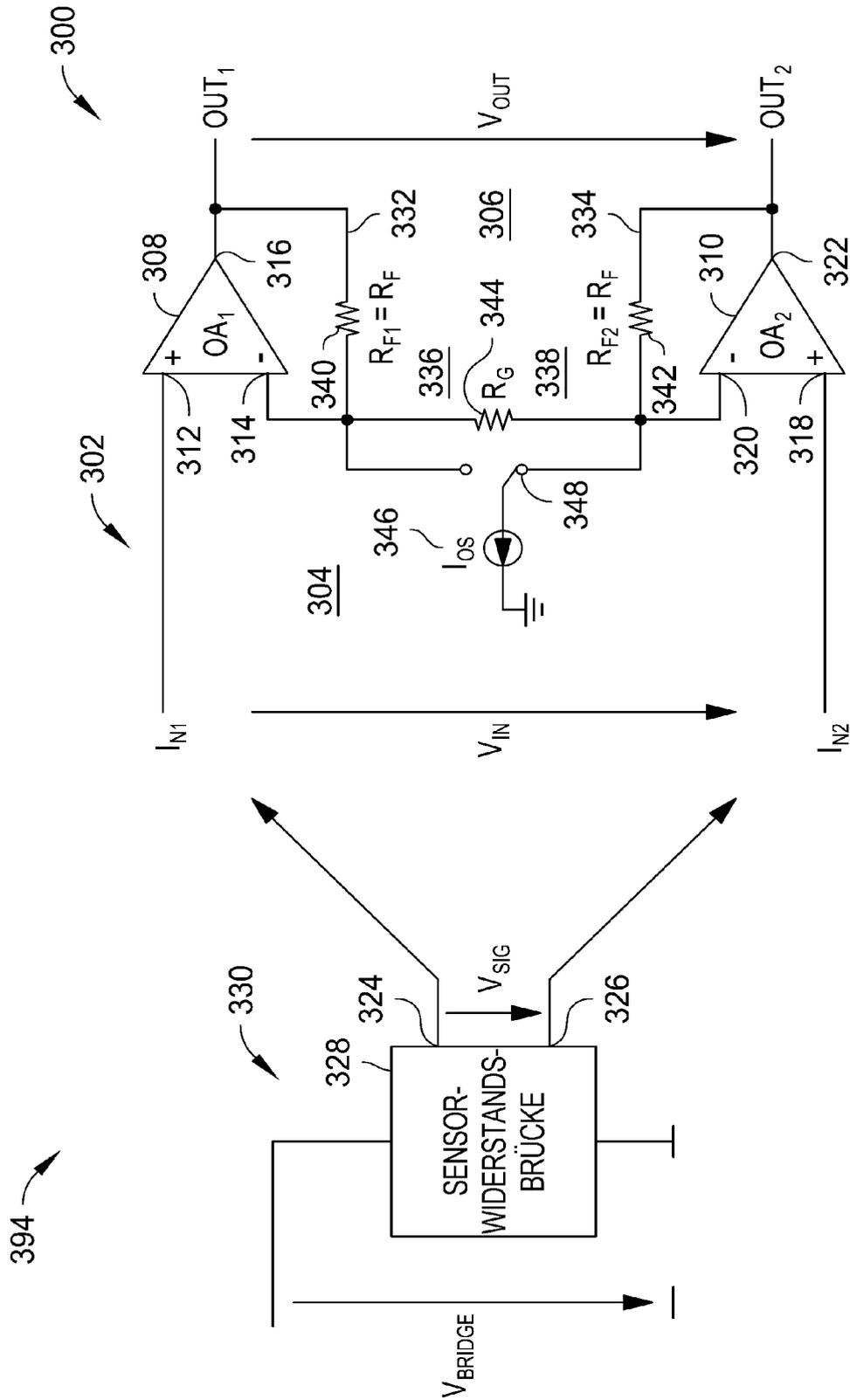


FIG. 3A

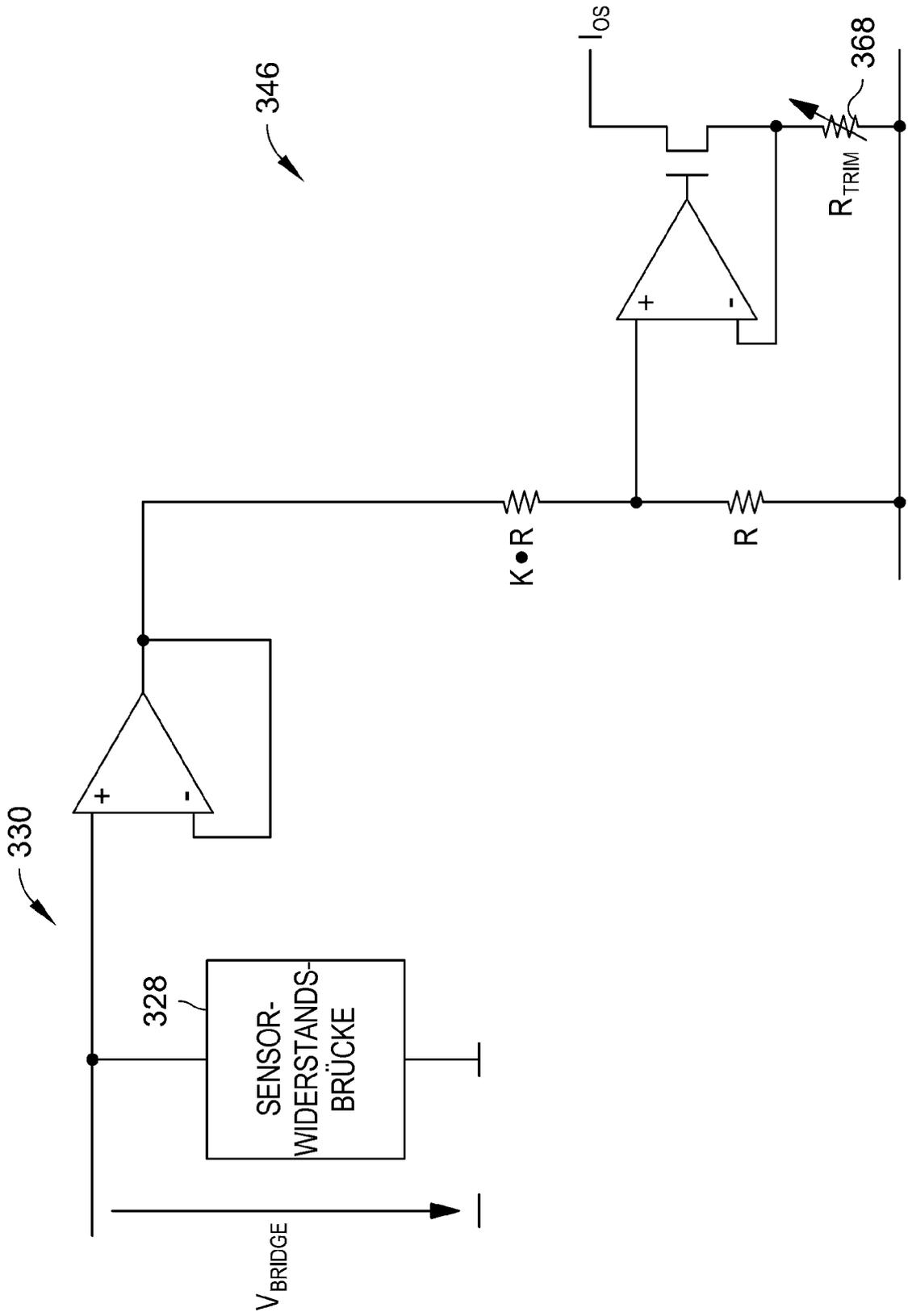


FIG. 3B

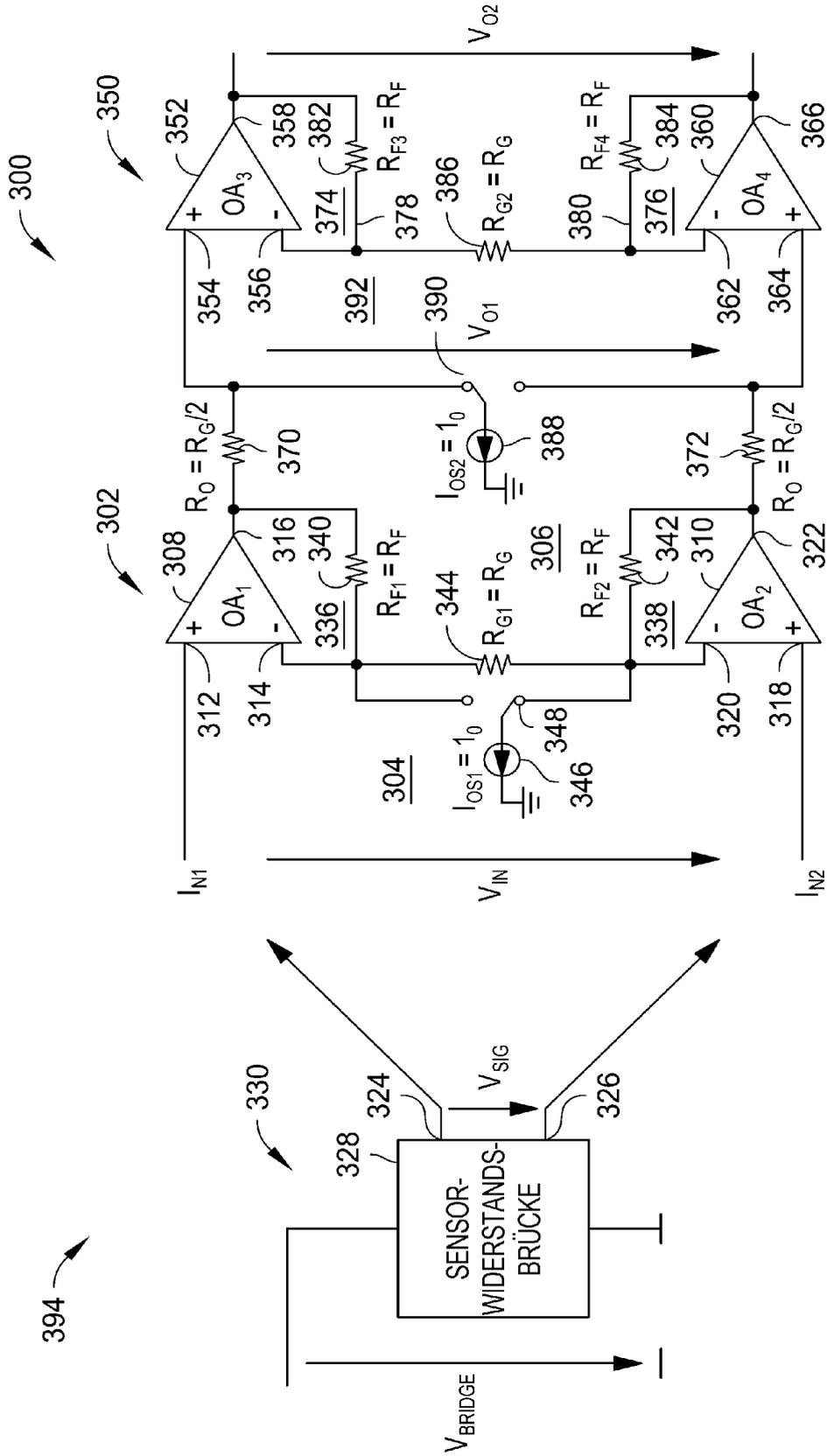


FIG. 3C

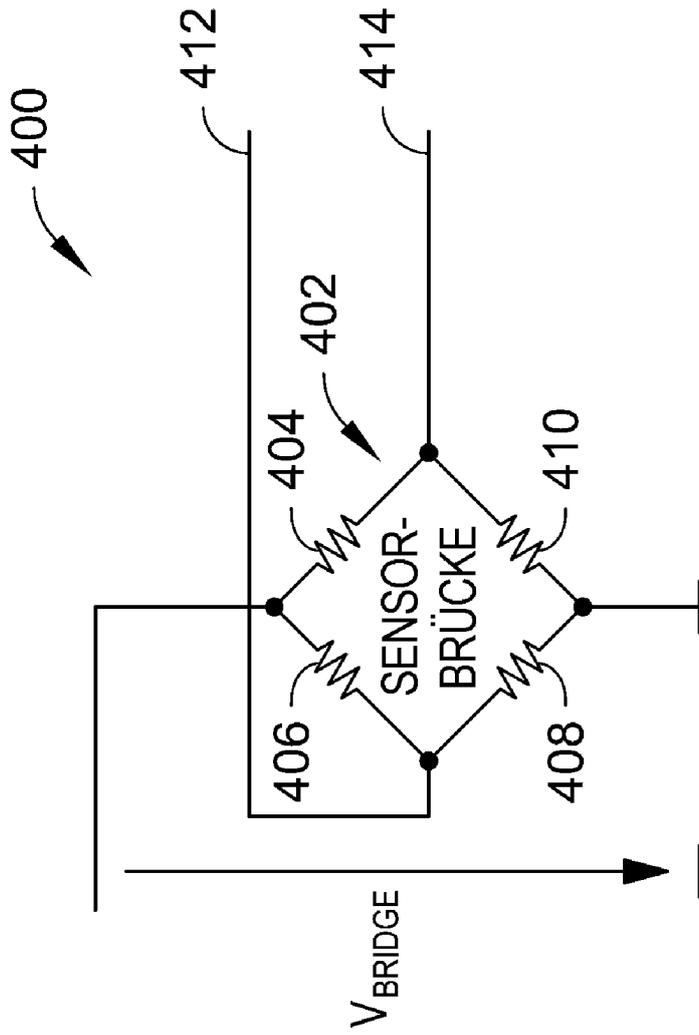


FIG. 4