(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
06. April 2023 (06.04.2023)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/051998 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G05F 3/26 (2006.01) *H03M 1/10* (2006.01)
H03L 7/089 (2006.01) *G05F 3/08* (2006.01)
H03M 1/82 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/073162

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. August 2022 (19.08.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2021 211 116.5
01. Oktober 2021 (01.10.2021) DE

(71) Anmelder: **VITESCO TECHNOLOGIES GMBH** [DE/DE]; Siemensstraße 12, 93055 Regensburg (DE).

(72) Erfinder: **PESAHL, Volker**; c/o Vitesco Technologies GmbH, Thomas-Dehler-Str. 27, 81737 München (DE). **HINDEMIT, Andreas**; c/o Vitesco Technologies GmbH, Thomas-Dehler-Str. 27, 81737 München (DE). **HIRSCH, Konrad**; c/o Vitesco Technologies GmbH, Thomas-Dehler-Str. 27, 81737 München (DE). **HAIMERL, Stefan**; c/o Vitesco Technologies GmbH, Thomas-Dehler-Str. 27, 81737 München (DE).

(74) Anwalt: **VITESCO TECHNOLOGIES**; Postfach 12 02, 82019 Taufkirchen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ,

(54) Title: INTEGRATED CIRCUIT ARRANGEMENT HAVING A CONTROLLABLE CURRENT SOURCE, AND METHOD FOR CONTROLLING A CURRENT SOURCE

(54) Bezeichnung: INTEGRIERTE SCHALTUNGSANORDNUNG MIT EINER STEUERBAREN STROMQUELLE, SOWIE VERFAHREN ZUM STEUERN EINER STROMQUELLE

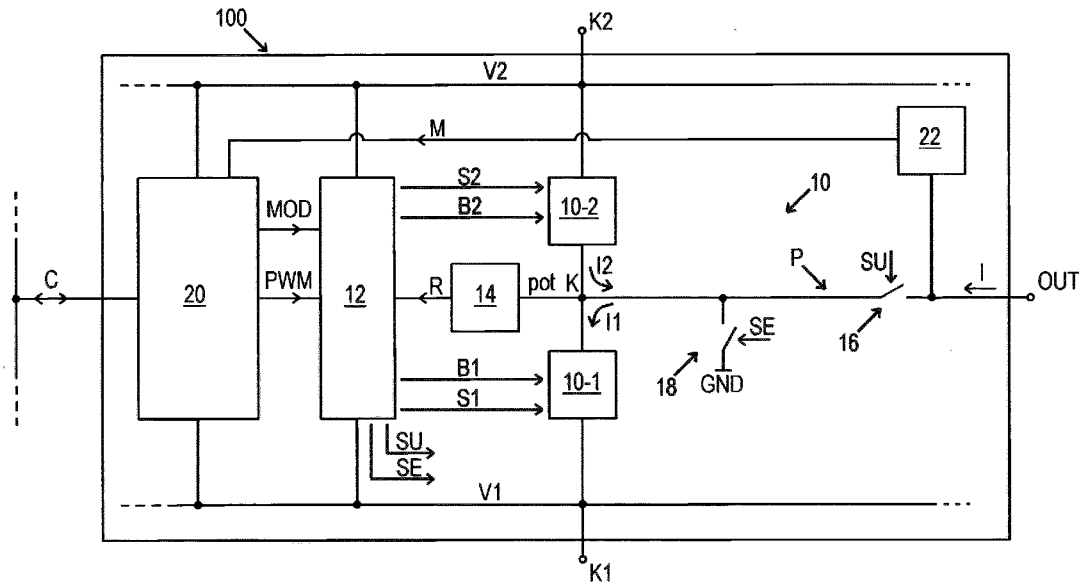


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to an integrated circuit arrangement (100) having a controllable current source (10) for producing an AC current (I) having an adjustable mean value, wherein the current source (10) comprises two respectively controllable DC current sources (10-1, 10-2), which use opposite current directions to energize a common circuit node (K) that is connected, via a current path (P), to an output connection (OUT) for outputting the AC current (I). According to the invention, it is proposed that, in a normal operating mode, the two DC current sources (10-1, 10-2) are switched on and off in complementary fashion with respect to one another

WO 2023/051998 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

using PWM modulation and, in the process, the currents (I1, I2) of the two DC current sources (10-1, 10-2) are adjusted in accordance with a respective preset (B1, B2), and, in a calibration mode, the current path (P) is interrupted and the circuit node (K) is discharged, then the two DC current sources (10-1, 10-2) are simultaneously switched on and the currents (I1, I2) thereof are adjusted in accordance with the respective preset (B1, B2), and finally at least one of the two presets (B1, B2) is altered on the basis of a potential (pot) detected at the circuit node (K), in order to align the two currents (I1, I2) with one another in the normal operating mode. A corresponding method for controlling a controllable current source (10) of an integrated circuit arrangement (100) is also proposed.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine integrierte Schaltungsanordnung (100) mit einer steuerbaren Stromquelle (10) zur Erzeugung eines Wechselstroms (I) mit einstellbarem Mittelwert, wobei die Stromquelle (10) zwei jeweils ansteuerbare Gleichstromquellen (10-1, 10-2) aufweist, die mit zueinander entgegengesetzten Stromrichtungen einen gemeinsamen Schaltungsknoten (K) bestromen, der über einen Strompfad (P) mit einem Ausgangsanschluss (OUT) zur Ausgabe des Wechselstroms (I) verbunden ist. Gemäß der Erfindung wird vorgeschlagen, dass in einem Normalbetriebsmodus ein PWM-moduliertes Ein- und Ausschalten der beiden Gleichstromquellen (10-1, 10-2) komplementär zueinander und hierbei ein Einstellen der Stromstärken (I1, I2) der beiden Gleichstromquellen (10-1, 10-2) gemäß einer jeweiligen Vorgabe (B1, B2) erfolgt, und in einem Kalibriermodus ein Unterbrechen des Strompfads (P) und Entladen des Schaltungsknotens (K), dann ein gleichzeitiges Einschalten beider Gleichstromquellen (10-1, 10-2) und Einstellen von deren Stromstärken (I1, I2) gemäß der jeweiligen Vorgabe (B1, B2), und schließlich ein Verändern wenigstens einer der beiden Vorgaben (B1, B2) in Abhängigkeit von einem am Schaltungsknoten (K) erfassten Potential (pot) erfolgt, um die beiden Stromstärken (I1, I2) im Normalbetriebsmodus aneinander anzugleichen. Ferner wird ein entsprechendes Verfahren zum Steuern einer steuerbaren Stromquelle (10) einer integrierten Schaltungsanordnung (100) vorgeschlagen.

Beschreibung

Integrierte Schaltungsanordnung mit einer steuerbaren Stromquelle, sowie Verfahren zum Steuern einer Stromquelle

Die vorliegende Erfindung betrifft eine integrierte Schaltungsanordnung mit wenigstens einer steuerbaren Stromquelle zur Erzeugung eines einstellbaren Stroms. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Steuern einer derartigen Stromquelle sowie eine Verwendung einer derartigen Schaltungsanordnung bzw. eines derartigen Verfahrens.

Aus dem Stand der Technik sind derartige Stromquellen, oftmals als "Charge Pump" bezeichnet, sowie damit ausgestattete integrierte Schaltungsanordnungen in vielfältigen Ausführungen bekannt.

Lediglich beispielhaft sei hierzu verwiesen auf die Veröffentlichungen DE 100 32 248 B4, DE 10 2006 018 236 A1 und US 6,989,698 B2. Darin sind Schaltungsanordnungen mit einer steuerbaren Stromquelle zur Erzeugung eines einstellbaren Stroms beschrieben. Die Stromquelle weist hierfür zwei jeweils ansteuerbare Gleichstromquellen auf, die mit zueinander entgegengesetzten Stromrichtungen einen gemeinsamen Schaltungsknoten bestromen, der mit einem Ausgangsanschluss der Schaltungsanordnung zur Ausgabe des Stroms verbunden ist. Je nachdem, welche der beiden Gleichstromquellen eingeschaltet wird, kann damit wahlweise ein vom Ausgangsanschluss aus der Schaltungsanordnung heraus oder ein über den Ausgangsanschluss in die Schaltungsanordnung hineinfließender Strom erzeugt werden. Im Betrieb der Stromquelle werden die beiden Gleichstromquellen komplementär zueinander mittels jeweiliger Schaltsignale ein- und ausgeschaltet, um eine benötigte Stromrichtung am Ausgangsanschluss vorzusehen, wobei mittels außerdem vorgegebener jeweiliger Biassignale auch die Stromstärke eingestellt werden kann. Die in diesen Veröffentlichungen beschriebenen Schaltungsanordnungen können den einstellbaren Strom mit einer Ausgangsspannung innerhalb eines Versorgungsspannungsbereiches abgeben. Darüber hinaus sind aus dem Stand

der Technik jedoch auch steuerbare Stromquellen bzw. Charge Pumps bekannt, bei denen einstellbare Ströme bei einer höheren als der Versorgungsspannung erzeugt und abgegeben werden können.

Für derartige Stromquellen gibt es vielfältige Anwendungsgebiete. Eine weitverbreitete Anwendung ist beispielsweise die Bestromung eines Regelschleifenfilters in einer Phasenregelschleife ("phase-locked loop", PLL), bei der mittels des von der Stromquelle erzeugten Stroms nach dessen Umsetzung (mittels des Schleifenfilters) in eine Spannung ein spannungsgesteuerter Oszillator angesteuert wird.

Eine andere Anwendung ist die Bestromung eines Sensors, dessen Betrieb eine solche Bestromung mit wenigstens einem Strom (oftmals mit mehreren Strömen) mit möglichst exakt vorgebbarer Stromstärke erfordert.

Ein Beispiel hierfür ist ein an einer Brennkraftmaschine verwendeter Abgassensor zur Messung einer NOx-Konzentration und/oder eines Luft/Kraftstoff-Verhältnisses. Bei derartigen Sensoren dienen elektrische Ströme als sogenannte "Pumpströme" zur Bewerkstelligung von gemäß des Sensorfunktionsprinzips vorgesehenen elektrochemischen Transportvorgängen im Sensor (z. B. "Pumpen" von Sauerstoffionen durch einen Festkörperelektrolyten), wobei für die Genauigkeit des Messergebnisses des Sensors unter anderem eine möglichst exakte Einstellbarkeit bzw. Kenntnis der Stromstärke des oder der zur Bestromung des Sensors erzeugten Ströme von großer Bedeutung ist.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen neuartigen Weg aufzuzeigen, mit dem bei einer in einer integrierten Schaltungsanordnung ausgebildeten Stromquelle eine möglichst exakte Einstellbarkeit der Stromstärke erzielt werden kann.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird diese Aufgabe durch eine integrierte Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 bzw. ein Verfahren zum Steuern einer steuerbaren Stromquelle einer integrierten Schaltungsanordnung nach Anspruch

10 gelöst. Die abhängigen Ansprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

Die erfindungsgemäße integrierte Schaltungsanordnung kann z. B. als eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC) realisiert sein und kann neben wenigstens einer steuerbaren Stromquelle je nach Anwendungsfall z. B. noch eine oder mehrere weitere steuerbare Stromquellen und/oder anwendungsspezifische weitere Einrichtungen aufweisen.

Die (wenigstens eine) Stromquelle dient zur Erzeugung eines Wechselstroms mit einstellbarem Mittelwert und weist hierfür zwei jeweils ansteuerbare Gleichstromquellen auf, die mit zueinander entgegengesetzten Stromrichtungen einen gemeinsamen Schaltungsknoten bestromen, der über einen Strompfad mit einem Ausgangsanschluss zur Ausgabe des Wechselstroms verbunden ist. Insofern kann hier auch von einer ansteuerbaren "bipolaren" Stromquelle gesprochen werden.

Falls die Schaltungsanordnung mehrere Stromquellen aufweist, sind dementsprechend mehrere jeweils zugehörige Strompfade und Ausgangsanschlüsse zur Ausgabe der einzelnen Wechselströme mit jeweils einstellbarem Mittelwert vorzusehen. Bei der nachfolgenden Beschreibung wird zunächst auf den (einfachsten) Fall eingegangen, dass die Schaltungsanordnung nur eine Stromquelle aufweist.

Der Begriff "Mittelwert" (des auszugebenden Wechselstroms) ist im Rahmen dieser Beschreibung ohne Beschränkung der Allgemeinheit als vorzeichenbehaftet so zu verstehen, dass ein positiver Mittelwert bedeutet, dass der ausgegebene Wechselstrom im zeitlichen Mittel betrachtet eine positive Stromrichtung besitzt, und dass ein negativer Mittelwert bedeutet, dass der ausgegebene Wechselstrom im zeitlichen Mittel betrachtet eine negative Stromrichtung besitzt.

Die Begriffe "positive Stromrichtung" und "negative Stromrichtung" in Bezug auf den Ausgangsanschluss sind im Rahmen dieser Beschreibung ohne Beschränkung der

Allgemeinheit so definiert, dass eine positive Stromrichtung bedeutet, dass der betreffende Strom, sei es ein Momentanstrom oder der im zeitlichen Mittel betrachtet ausgegebene Wechselstrom, über den Ausgangsanschluss in die Schaltungsanordnung hinein fließt, wohingegen eine negative Stromrichtung bedeutet, dass der betreffende Strom über den Ausgangsanschluss aus der Schaltungsanordnung heraus fließt.

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung weist eine Ansteuereinrichtung auf, die dazu ausgebildet ist, in einem Normalbetriebsmodus die beiden Gleichstromquellen basierend auf einem der Ansteuereinrichtung zugeführten Pulsweitenmodulation (PWM)-Signal komplementär zueinander PWM-moduliert mittels jeweiliger Schaltsignale ein- und auszuschalten und mittels hierbei von der Ansteuereinrichtung vorgegebener jeweiliger Biassignale (z. B. Biasströme) die Stromstärken der beiden Gleichstromquellen einzustellen.

Das im Normalbetrieb (zur Stromerzeugung und -abgabe) vorgesehene "komplementäre" Schalten bedeutet, dass hierbei immer eine der beiden Gleichstromquellen eingeschaltet wird, während die andere ausgeschaltet wird, und umgekehrt.

Im einfachsten Fall wird von der Ansteuereinrichtung ein dem zugeführten PWM-Signal identisches Schaltsignal zum Ein- und Ausschalten der einen Gleichstromquelle erzeugt und an diese Gleichstromquelle ausgegeben und ein dem invertierten PWM-Signal entsprechendes Schaltsignal zum Ein- und Ausschalten der anderen Gleichstromquelle erzeugt und an diese ausgegeben.

Jede Flanke des PWM-Signals bewirkt ein komplementäres Umschalten der beiden Gleichstromquellen, so dass durch die Vorgabe des PWM-Signals (das entweder innerhalb der integrierten Schaltungsanordnung erzeugt oder extern erzeugt und der integrierten Schaltungsanordnung zugeführt wird) die Frequenz des von der Schaltungsanordnung ausgegebenen Wechselstroms vorgegeben wird.

Eine Besonderheit der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung besteht darin, dass die Ansteuereinrichtung ferner dazu ausgebildet ist, mittels eines "Kalibriermodus" die beiden Stromstärken, welche von den beiden Gleichstromquellen in deren eingeschalteten Zustand jeweils geliefert werden, aneinander anzugleichen.

Je genauer diese beiden Stromstärken nämlich übereinstimmen, desto genauer wird durch den Tastgrad des der Ansteuereinrichtung zugeführten PWM-Signals (Verhältnis von Pulsdauer zu Periodendauer) der Mittelwert des erzeugten Wechselstroms eingestellt.

Vorteilhaft ermöglicht die erfindungsgemäß vorgesehene Kalibrierbarkeit der Stromquelle somit eine exakte Einstellung des Mittelwerts des ausgegebenen Wechselstroms basierend auf einem entsprechend vorgegebenen PWM-Signal.

Um die Kalibrierung zu ermöglichen, weist die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung des Weiteren auf:

- eine Potentialerfassungseinrichtung zum Erfassen eines Potentials am Schaltungsknoten,

- einen im Verlauf des Strompfads angeordneten, von der Ansteuereinrichtung mittels eines ersten Schaltsignals ansteuerbaren ersten Schalter (z. B. Transistor), und

- einen von der Ansteuereinrichtung mittels eines zweiten Schaltsignals ansteuerbaren zweiten Schalter (z. B. Transistor), der einerseits elektrisch mit dem Schaltungsknoten verbunden ist und andererseits mit einem vorgegebenen Referenzpotential beaufschlagt wird,

wobei die Ansteuereinrichtung dazu ausgebildet ist, im Kalibriermodus

- eine Unterbrechung des Strompfads und eine Entladung des Schaltungsknotens auf das Referenzpotential zu bewirken, indem entsprechende erste und zweite Schaltsignale an die ersten und zweiten Schalter ausgegeben werden,

- dann beide Gleichstromquellen mittels der jeweiligen Schaltsignale gleichzeitig einzuschalten und mittels der vorgegebenen jeweiligen Biassignale deren Stromstärken einzustellen,

und schließlich in Abhängigkeit von dem am Schaltungsknoten erfassten Potential die Vorgabe wenigstens eines der beiden Biassignale zu verändern, um damit die beiden Stromstärken im Normalbetriebsmodus aneinander anzugleichen.

Der Begriff "Schaltungsknoten" ist im topologischen Sinne als ein im Design der integrierten Schaltungsanordnung elektrisch leitend zusammenhängender Bereich mit Anbindung an die Gleichstromquellen und den Strompfad zu verstehen.

Der Begriff "Entladung des Schaltungsknoten" trägt dem Umstand Rechnung, dass der den Schaltungsknoten bildende Bereich der Schaltungsanordnung in der Praxis stets eine gewisse Kapazität (z. B. zumindest eine sogenannte parasitäre Kapazität) besitzt.

Die Funktion der erfindungsgemäß vorgesehenen Kalibrierung lässt sich wie folgt beschreiben:

1. Schritt: Durch die Unterbrechung des Strompfads wird verhindert, dass eine in der Praxis am Ausgangsanschluss angeschlossene externe Einrichtung (z. B. ein Abgassensor) das Potential des Schaltungsknotens beeinflussen kann. Die z. B. gleichzeitig (oder kurz davor oder kurz danach) initiierte Entladung des Schaltungsknotens auf das Referenzpotential resultiert sodann in einem wohldefinierten und stabilen Zustand des Schaltungsknotens (Potential = Referenzpotential).

2. Schritt: Durch das gleichzeitige Einschalten und Einstellen beider Gleichstromquellen gemäß der "Biasvorgaben" wird sich im Falle einer Ungleichheit der Stromstärken der beiden Gleichstromquellen mehr oder weniger rasch das Potential am Schaltungsknoten entsprechend verändern. Falls das Potential z. B. allmählich "positiver" wird, so ist die Stromstärke der "zum Schaltungsknoten hin" bestromenden Gleichstromquelle größer. Umgekehrt, falls das Potential "negativer" wird, so ist die Stromstärke der "vom Schaltungsknoten weg" bestromenden Gleichstromquelle größer. Beide Fälle sind anhand des von der Potentialerfassungseinrichtung erfassten Potentials erkennbar.

3. Schritt: Durch eine infolge dieser Erkennung geeignet in Abhängigkeit von dem am Schaltungsknoten erfassten Potential durchgeführte Veränderung der Vorgabe wenigstens eines der beiden Biassignale wird schließlich erreicht, dass der Unterschied der besagten Stromstärken verringert und die beiden Stromstärken somit aneinander angeglichen werden. In einer Ausführungsform wird hierfür nur die Vorgabe eines der beiden Biassignale entsprechend verändert.

Im Kalibriermodus ist der Ausgangsanschluss nicht elektrisch mit dem Strompfad verbunden und werden die Gleichstromquellen "anderweitig" benötigt (bei der Durchführung des oben genannten Schritts 2). Der Kalibriermodus kann prinzipiell in irgendeiner "stromlosen" Phase durchgeführt werde, d.h. während keine Bestromung über den Ausgangsanschluss vorgesehen ist.

In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die integrierte Schaltungsanordnung einen ersten und einen zweiten Versorgungsanschluss zum Anlegen eines ersten bzw. eines zweiten Versorgungspotentials (oder zumindest interne erste und zweite Versorgungsknoten zum Bereitstellen derartiger erster und zweiter Versorgungspotentiale) aufweist, um mit diesen Versorgungspotentialen z. B. sämtliche Einrichtungen der Schaltungsanordnung elektrisch zu versorgen.

Der erste Versorgungsanschluss kann über die erste ansteuerbare Gleichstromquelle elektrisch mit dem Schaltungsknoten verbunden sein und der zweite Versorgungsanschluss kann über die zweite ansteuerbare Gleichstromquelle elektrisch mit dem Schaltungsknoten verbunden sein.

In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die beiden Gleichstromquellen jeweils einen mittels des von der Ansteuereinrichtung vorgegebenen Schaltsignals angesteuerten Transistor (z. B. FET) und in Reihenschaltung dazu angeordnet einen mittels des von der Ansteuereinrichtung vorgegebenen Biassignals angesteuerten Transistor (z. B. FET) aufweisen.

Eine solche, mit einer Spannung versorgte Reihenschaltung von zwei Transistoren (z. B. FETs) kann in diesem Fall einen ansteuerbaren Strompfad bilden, wobei ein Transistor als "Schalttransistor" und der andere Transistor als "Einstelltransistor" fungiert (vgl. z. B. Fig. 5).

Alternativ kann auch z. B. vorgesehen sein, dass die beiden Gleichstromquellen jeweils nur einen einzigen Transistor (z. B. FET) aufweisen bzw. aus einem einzigen Transistor bestehen. Der mit einer Spannung (z. B. Source-Drain-Spannung bei einem FET) versorgte Transistor kann in diesem Fall den besagten ansteuerbaren Strompfad bilden, wobei dieser Transistor gemäß dieser Alternative jedoch gleichzeitig die Funktionen "Schalten" und "Einstellen (der Stromstärke)" der betreffenden Gleichstromquelle realisiert. In der Praxis kann hierfür z. B. seitens der Ansteuereinrichtung vorgesehen sein, dass eine das Biassignal darstellende oder basierend auf dem Biassignal erzeugte Biasspannung über einen mittels des Schaltsignals ein- und ausgeschalteten Transistor (z. B. FET) an einen Steuereingang (z. B. Gate bei einem FET) des erstgenannten Transistors angelegt wird (vgl. z. B. Fig. 4).

Abweichend von derartigen Ausführungsformen sind im Rahmen der Erfindung auch zahlreiche andere schaltungstechnische Implementierungen der Stromquellen möglich (z. B. mit Operationsverstärkern).

In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Ansteuereinrichtung dazu ausgebildet ist, im Kalibriermodus in Abhängigkeit von dem am Schaltungsknoten nach Ablauf einer vorbestimmten Verzögerungszeitspanne (z. B. mindestens 0,5 µs und z. B. maximal 100 µs) nach dem Einschalten der beiden Gleichstromquellen erfassten Wert des Potentials die Vorgabe des wenigstens einen der Biassignale zu verändern.

Diese Ausführungsform trägt vor allem dem Umstand Rechnung, dass es im Kalibriermodus je nach Kapazität des Schaltungsknotens und je nach Stromstärke der beiden Gleichstromquellen eine gewisse Zeit dauert, bis eine etwaige (ggf. sehr kleine) Ungleichheit der von den beiden Gleichstromquellen gelieferten Stromstärken zu einer mittels der Potentialerfassung deutlich erkennbaren Änderung des Potentials am Schaltungsknoten führt.

In einer vorteilhaft besonders einfachen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Potentialerfassungseinrichtung als ein Komparator ausgebildet ist, der das Potential am Schaltungsknoten mit dem Referenzpotential vergleicht und ein das Ergebnis dieses Vergleichs repräsentierendes Ergebnissignal an die Ansteuereinrichtung ausgibt.

Anhand des Ergebnissignals kann die Ansteuereinrichtung in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis die Veränderung von wenigstens einer der beiden Vorgaben durchführen, um damit die beiden Stromstärken im Normalbetriebsmodus aneinander anzugleichen.

In einer Ausführungsvariante ist die Ansteuereinrichtung dazu ausgebildet, bei diesem Schritt nur eine der beiden Biasvorgaben zu verändern, und zwar um einen "kleinen Schritt" in der richtigen Richtung (je nach Vergleichsergebnis). Nach mehrmaliger Wiederholung des Kalibriermodus im Betrieb der integrierten Schaltungsanordnung wird sich sodann letztlich ein "kalibrierter Zustand" einstellen, bei dem das vom Komparator an die Ansteuereinrichtung gelieferte Vergleichsergebnis mehr oder weniger alternierend zwischen den beiden möglichen Ergebnissen hin- und herspringt.

In einer anderen Ausführungsvariante ist die Ansteuereinrichtung dazu ausgebildet, bei diesem Schritt jeweils beide Biasvorgaben gegengleich um einen "kleinen Schritt" in der jeweils richtigen Richtung zu verändern, um so nach mehrmaliger Wiederholung des Kalibriermodus wieder den "kalibrierten Zustand" zu erreichen.

In einer anderen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Potentialerfassungseinrichtung als eine Spannungsmesseinrichtung ausgebildet ist, welche die Differenz zwischen dem Potential am Schaltungsknoten und dem Referenzpotential misst und ein das Ergebnis dieser Spannungsmessung repräsentierendes Ergebnissignal an die Ansteuereinrichtung ausgibt.

In einer Ausführungsvariante ist die Ansteuereinrichtung dazu ausgebildet, bei diesem Schritt eine der Biasvorgaben (alternativ: beide Biasvorgaben jeweils) um ein Ausmaß in der richtigen Richtung (je nach Vorzeichen der gemessenen Spannung) zu verändern, das betragsmäßig umso größer ist, je größer betragsmäßig die gemessene Spannung ist. Damit kann vorteilhaft z. B. rascher bzw. nach weniger Durchführungen des Kalibriermodus der "kalibrierte Zustand" der Stromquelle erreicht werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist die integrierte Schaltungsanordnung einen ersten und einen zweiten Versorgungsanschluss zum Anlegen eines ersten bzw. eines zweiten Versorgungspotentials auf, wobei das vorgegebenes Referenzpotential wenigstens annähernd in der Mitte zwischen den beiden Versorgungspotentialen liegt (Beispiel: erstes Versorgungspotential = -5V; zweites Versorgungspotential = +5V; Referenzpotential = 0V).

Im Rahmen der Erfindung kann z. B. vorgesehen sein, dass das Referenzpotential innerhalb der integrierten Schaltungsanordnung aus den von extern angelegten ersten und zweiten Versorgungspotentialen erzeugt und somit zur Verwendung bereitgestellt wird.

Abweichend davon kann jedoch z. B. vorgesehen sein, dass das Referenzpotential ebenso wie die ersten und zweiten Versorgungspotentiale von extern an der integrierten Schaltungsanordnung angelegt wird und in dieser Weise in der integrierten Schaltungsanordnung verwendet werden kann.

Auch kann im Rahmen der Erfindung z. B. vorgesehen sein, dass das Referenzpotential (z. B. Massepotential) sowie z. B. eines der ersten und zweiten Versorgungspotentiale, z. B. ein positives Versorgungspotential, von extern an der integrierten Schaltungsanordnung angelegt wird und das andere dieser beiden Versorgungspotentiale, z. B. ein negatives Versorgungspotential, innerhalb der integrierten Schaltungsanordnung erzeugt wird.

Vor diesem Hintergrund ist anzumerken, dass für sämtliche hier beschriebene Ausführungsformen, bei welchen die integrierte Schaltungsanordnung "einen ersten und einen zweiten Versorgungsanschluss zum Anlegen eines ersten bzw. eines zweiten Versorgungspotentials" aufweist, auch eine jeweils modifizierte Ausführungsform im Rahmen der Erfindung liegt, bei welchen die integrierte Schaltungsanordnung stattdessen z. B. "einen ersten und einen zweiten Versorgungsknoten zum Bereitstellen eines ersten bzw. eines zweiten Versorgungspotentials" aufweist. Dies trägt dem vorstehend erläuterten Umstand Rechnung, dass für jedes zum Betrieb einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung erforderliche und somit bereitzustellende Potential prinzipiell sowohl ein Anlegen von extern als auch eine interne Erzeugung (aus anderen von extern angelegten Potentialen) möglich ist. Abgesehen davon die modifizierten Ausführungsformen dann so aufgebaut sein und so funktionieren, wie die explizit beschriebenen Ausführungsformen.

In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass eine ESD-Schutzeinrichtung an einer permanent elektrisch mit dem Ausgangsanschluss verbundenen Stelle des Strompfads vorgesehen ist, wobei eine Replik der ESD-Schutzeinrichtung vorgesehen ist, die im Kalibriermodus elektrisch mit einer Stelle des Strompfads verbunden werden kann, die auch im Kalibriermodus elektrisch mit dem Schaltungsknoten verbunden ist.

Der Begriff "ESD-Schutzeinrichtung" bezeichnet eine Einrichtung zum Schutz der integrierten Schaltungsanordnung vor Zerstörung durch große elektrostatische Potentialdifferenzen bzw. hierdurch hervorgerufene Spannungsdurchschläge ("electrostatic discharge", ESD).

Mit dieser Ausführungsform kann vorteilhaft ein ESD-Schutz gegen ein etwaiges elektrostatisches Potential realisiert werden, das ansonsten über den Ausgangsanschluss zum Strompfad innerhalb der integrierten Schaltungsanordnung vordringen würde. Gleichzeitig kann mit dieser Ausführungsform ein etwaiger Einfluss der ESD-Schutzeinrichtung auf die Stromerzeugung im Normalbetriebsmodus (z. B. durch Leckströme zwischen Strompfad und ESD-Schutzeinrichtung) im Kalibriermodus mittels der im Kalibriermodus "am Strompfad zuschaltbaren Replik" vorteilhaft simuliert werden. Zu bedenken ist hierbei, dass die eigentliche ESD-Schutzeinrichtung durch die im Kalibriermodus vorgesehene Unterbrechung des Strompfads sozusagen "vom Strompfad weggeschaltet" wird.

Die ESD-Schutzeinrichtung kann z. B. zwei in Sperrrichtung orientierte Dioden aufweisen, die einerseits elektrisch mit der betreffenden Stelle des Strompfads und andererseits elektrisch mit jeweils einem der beiden Versorgungsanschlüsse verbunden sind.

In diesem Fall würde die Replik der ESD-Schutzeinrichtung dementsprechend ebenfalls zwei in Sperrrichtung orientierte Dioden aufweisen, die einerseits jeweils "schaltbar" elektrisch mit der betreffenden Stelle des Strompfads verbunden und andererseits z. B. permanent elektrisch mit jeweils einem der beiden Versorgungsanschlüsse verbunden sind. Das Zuschalten und Wegschalten der Replik im Kalibriermodus kann z. B. mittels in Reihe zu den Dioden angeordneten Schalttransistoren realisiert sein.

In einer Ausführungsform weist die integrierte Schaltungsanordnung ferner eine Steuereinrichtung auf, die dazu ausgebildet ist, in Abhängigkeit von wenigstens

einem der Steuereinrichtung zugeführten Steuersignal und/oder wenigstens einem der Steuereinrichtung zugeführten Messsignal eine Vorgabe für den Mittelwert des zu erzeugenden Wechselstroms zu bestimmen, und basierend auf der Vorgabe für den Mittelwert ein geeignetes PWM-Signal zu erzeugen und an die Ansteuereinrichtung auszugeben.

In einer Weiterbildung dieser Ausführungsform ist die integrierte Schaltungsanordnung als ein Sensorschnittstellenbaustein zum Betreiben wenigstens eines Sensors ausgebildet, beispielsweise eines Abgassensors an einer Brennkraftmaschine (z. B. Ottomotor oder Dieselmotor, z. B. eines Fahrzeuges), wobei ein Anschluss des Sensors an dem Ausgangsanschluss der integrierten Schaltungsanordnung und somit eine Bestromung des Sensors mit dem Wechselstrom mit einstellbarem Mittelwert vorgesehen ist.

Insbesondere in diesem Fall kann es sich bei dem vorerwähnten "Messsignal" z. B. um ein an dem betreffenden Strompfad gemessenes Potential handeln, welches repräsentativ für eine im betreffenden Sensor vorliegende Pumpspannung und/oder Nernst-Spannung ist. Alternativ oder zusätzlich zu einer Berücksichtigung des Messignals bei einer Vorgabe für den Mittelwert des zu erzeugenden Wechselstroms kann das Messignal z. B. auch einen Bestandteil von Sensormessdaten darstellen, die von der integrierten Schaltungsanordnung bereitgestellt bzw. versendet werden (z. B. über einen digitalen Kommunikationsbus). Insbesondere Falle der Verwendung als Sensorschnittstellenbaustein für einen Abgassensor kann die Schaltungsanordnung (z. B. innerhalb der genannten Steuereinrichtung) auch wenigstens eine Regeleinrichtung aufweisen, welche den Mittelwert des zu erzeugenden Wechselstroms basierend auf einer (gleichzeitig oder zuvor) am Sensor abgegriffenen Spannung (z. B. Nernst-Spannung) vorgibt. Auch diese Vorgabe als solche, die sich aufgrund der Regelung einstellt, kann einen Bestandteil der von der integrierten Schaltungsanordnung bereitgestellten bzw. versendeten Sensormessdaten darstellen.

Gemäß eines weiteren Aspekts der vorliegenden Erfindung wird die eingangs gestellte Aufgabe durch ein Verfahren zum Steuern einer steuerbaren Stromquelle einer integrierten Schaltungsanordnung nach Anspruch 10 gelöst.

Die mittels des erfindungsgemäßen Verfahren gesteuerte Stromquelle zur Erzeugung eines Wechselstroms mit einstellbarem Mittelwert weist zwei jeweils ansteuerbare Gleichstromquellen auf, die mit zueinander entgegengesetzten Stromrichtungen einen gemeinsamen Schaltungsknoten bestromen, der über einen Strompfad mit einem Ausgangsanschluss zur Ausgabe des Wechselstroms verbunden ist. Die integrierte Schaltungsanordnung weist ferner auf: eine Potentialerfassungseinrichtung zum Erfassen eines Potentials am Schaltungsknoten; einen im Verlauf des Strompfads angeordneten ansteuerbaren ersten Schalter; und einen ansteuerbaren zweiten Schalter, der einerseits elektrisch mit dem Schaltungsknoten verbunden ist und andererseits mit einem vorgegebenen Referenzpotential beaufschlagt wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren weist hierbei folgende Schritte auf:

- in einem Normalbetriebsmodus: PWM-moduliertes Ein- und Ausschalten der beiden Gleichstromquellen komplementär zueinander und hierbei Einstellen der Stromstärken der beiden Gleichstromquellen gemäß einer jeweiligen Vorgabe,

- in einem Kalibriermodus: Unterbrechen des Strompfads durch Öffnen des ersten Schalters und Entladen des Schaltungsknotens auf das Referenzpotential durch Schließen des zweiten Schalters, dann gleichzeitiges Einschalten der beiden Gleichstromquellen mittels der jeweiligen Schaltsignale und Einstellen von deren Stromstärken gemäß der jeweiligen Vorgabe, und schließlich Verändern wenigstens einer der beiden Vorgaben in Abhängigkeit von dem am Schaltungsknoten erfassten Potential, um damit die beiden Stromstärken im Normalbetriebsmodus aneinander anzugleichen.

Die für die erfindungsgemäße integrierte Schaltungsanordnung hier beschriebenen Ausführungsformen und besonderen Ausgestaltungen können, einzeln oder in beliebiger Kombination, in analoger Weise auch als Ausführungsformen bzw. besondere Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen sein, und umgekehrt.

In einer Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass im Kalibriermodus wenigstens eines von folgendem vorgesehen ist:

- das Öffnen des ersten Schalters und das Schließen des zweiten Schalters erfolgen gleichzeitig,

- das Einschalten der beiden Gleichstromquellen und ein Öffnen des zweiten Schalters erfolgen gleichzeitig,

- das Öffnen des zweiten Schalters erfolgt nach einer fest vorgegebenen Verzögerungszeitspanne (z. B. mindestens 0,5 µs und z. B. maximal 100 µs) nach dem Schließen des zweiten Schalters,

- die Veränderung der wenigstens einen der beiden Vorgaben hängt maßgeblich von einem oder mehreren Werten des am Schaltungsknoten erfassten Potentials ab, die zu einem bzw. mehreren entsprechenden Erfassungszeitpunkten erfasst werden, wobei jeder Erfassungszeitpunkt um eine jeweils fest vorgegebene Erfassungsverzögerungsspanne nach dem Öffnen des zweiten Schalters vorgesehen ist.

In einer Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass im Kalibriermodus die Veränderung der wenigstens einen der beiden Vorgaben maßgeblich von einem einzigen Wert des am Schaltungsknoten erfassten Potentials abhängt, der zu einem Erfassungszeitpunkt erfasst wird, welcher um eine fest vorgegebene Erfassungsverzögerungsspanne nach dem Öffnen des zweiten Schalters vorgesehen ist.

In einer Weiterbildung dieser Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Veränderung der wenigstens einen der beiden Vorgaben maßgeblich davon abhängt, ob der Wert des am Schaltungsknoten erfassten Potentials größer oder kleiner als das Referenzpotential ist.

Gemäß eines weiteren Aspekts der Erfindung wird eine Verwendung einer integrierten Schaltungsanordnung und/oder eines Verfahren der hier beschriebenen Art für eine Realisierung des Betriebs eines Sensors vorgeschlagen.

Im Rahmen dieser erfindungsgemäßen Verwendung kann es sich bei dem betriebenen Sensor beispielsweise insbesondere um einen Abgassensor an einer Brennkraftmaschine handeln, insbesondere einen Sensor zur Messung einer NOx-Konzentration und/oder eines Luft/Kraftstoff-Verhältnisses.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen weiter beschrieben. Es stellen dar:

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer integrierten Schaltungsanordnung mit wenigstens einer steuerbaren Stromquelle gemäß eines Ausführungsbeispiels,

Fig. 2 eine Darstellung von beispielhaften zeitlichen Verläufen verschiedener Signale sowie eines ausgegebenen Stroms in einem Normalbetriebsmodus der in Fig. 1 gezeigten Stromquelle,

Fig. 3 eine Darstellung von beispielhaften zeitlichen Verläufen verschiedener Signale und Ströme in einem Kalibriermodus der in Fig. 1 gezeigten Stromquelle,

Fig. 4 eine Darstellung zur Veranschaulichung einer schaltungstechnischen Implementierung einer steuerbaren Stromquelle einer integrierten Schaltungsanordnung gemäß eines Ausführungsbeispiels, und

Fig. 5 eine der Fig. 4 entsprechende Darstellung gemäß eines weiteren Ausführungsbeispiels.

Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer integrierten Schaltungsanordnung 100, die in diesem Beispiel als ein anwendungsspezifischer Sensorschnittstellenbaustein (ASIC) ausgebildet und zur Verwendung für einen Betrieb eines (nicht dargestellten) Sensors vorgesehen ist.

Wesentlich ist hierbei, dass der Sensor in seinem Betrieb eine elektrische Bestromung mit wenigstens einem präzise einstellbaren Strom erfordert. Zu diesem Zweck weist die integrierte Schaltungsanordnung 100 einen Ausgangsanschluss OUT auf, an dem in der Verwendungssituation der Sensor angeschlossen und somit mit einem Strom bestromt werden kann.

Die in Fig. 1 dargestellte integrierte Schaltungsanordnung 100 weist eine steuerbare Stromquelle 10 zur Erzeugung eines Wechselstroms I mit einstellbarem Mittelwert Im auf, wobei die Stromquelle 10 zwei jeweils ansteuerbare Gleichstromquellen 10-1, 10-2 aufweist, die mit zueinander entgegengesetzten Stromrichtungen einen gemeinsamen Schaltungsknoten K bestromen, der über einen Strompfad P mit dem Ausgangsanschluss OUT zur Ausgabe des Wechselstroms I verbunden ist.

Abweichend davon, und in vielen Anwendungsfällen bevorzugt, könnte die integrierte Schaltungsanordnung 100 auch mit mehreren derartigen steuerbaren Stromquellen 10 ausgestattet sein, d.h. zur Erzeugung mehrerer jeweiliger Wechselströme mit jeweils einstellbaren Mittelwerten, wobei der betreffende Sensor dann elektrisch über mehrere an der integrierten Schaltungsanordnung 100 ausgebildete Ausgangsanschlüsse anzuschließen ist. Damit könnte es sich bei dem angeschlossenen Sensor z. B. um einen Abgassensor an einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeuges handeln, insbesondere einen Sensor zur Messung einer NOx-Konzentration und/oder eines Luft/Kraftstoff-Verhältnisses, für dessen Betrieb üblicherweise mehrere "Pumpströme" benötigt werden.

Die dargestellte integrierte Schaltungsanordnung 100 weist ferner eine Ansteuereinrichtung 12 auf, die dazu ausgebildet ist, in einem Normalbetriebsmodus (für den Betrieb des Sensors) die beiden Gleichstromquellen 10-1, 10-2 basierend auf einem der Ansteuereinrichtung 12 zugeführten PWM-Signal PWM komplementär zueinander PWM-moduliert mittels jeweiliger Schaltsignale S1, S2 ein- und auszuschalten und mittels hierbei von der Ansteuereinrichtung 12 vorgegebener jeweiliger Biassignale B1, B2 die Stromstärken I1, I2 der beiden Gleichstromquellen 10-1, 10-2 einzustellen.

Die Schaltungsanordnung 100 weist einen ersten Versorgungsanschluss K1 zum Anlegen eines ersten (z. B. negativen) Versorgungspotentials V1 und einen zweiten Versorgungsanschluss K2 zum Anlegen eines zweiten (z. B. positiven) Versorgungspotentials V2 auf. Aus den angelegten Versorgungspotentialen V1, V2 wird (nicht dargestellt) innerhalb der integrierten Schaltungsanordnung 100 außerdem ein Referenzpotential GND erzeugt, das in der Mitte zwischen den Versorgungspotentialen V1, V2 liegt (Beispiel: V1= -2,5 V, V2 = +2,5 V, GND = 0V).

Der erste Versorgungsanschluss K1 ist über die erste ansteuerbare Gleichstromquelle 10-1 elektrisch mit dem Schaltungsknoten K verbunden und der zweite Versorgungsanschluss K2 ist über die zweite ansteuerbare Gleichstromquelle 10-2 elektrisch mit dem Schaltungsknoten K verbunden.

Die Schaltungsanordnung 100 weist ferner eine Potentialerfassungseinrichtung 14 auf, mittels welcher im Betrieb ein Potential pot am Schaltungsknoten K erfasst werden kann (z. B. bezogen auf GND).

Die Schaltungsanordnung 100 weist ferner einen im Verlauf des Strompfads P angeordneten, von der Ansteuereinrichtung 12 mittels eines ersten Schaltsignals SU ansteuerbaren ersten Schalter 16 und einen von der Ansteuereinrichtung 12 mittels eines zweiten Schaltsignals SE ansteuerbaren zweiten Schalter 18 auf, der einerseits elektrisch mit dem Schaltungsknoten K verbunden ist und andererseits mit dem vorgegebenen Referenzpotential GND (hier z. B. 0V) beaufschlagt wird.

Die in Fig. 1 der Einfachheit der Darstellung halber als Schalter eingezeichneten ansteuerbaren Schalter 16, 18 können in der Praxis z. B. von jeweils einem Schalttransistor (z. B. FET) gebildet sein.

Im vorgenannten "Normalbetriebsmodus" ist der erste Schalter 16 geschlossen und der zweite Schalter 18 geöffnet.

Fig. 2 veranschaulicht den Normalbetriebsmodus anhand eines beispielhaften Verlaufs eines von der Ansteuereinrichtung 12 ausgegebenen PWM-Signals PWM in Abhängigkeit von der Zeit t sowie die im dargestellten Beispiel sich daraus ergebenden Verläufe der Schaltsignale S1, S2 und des am Ausgangsanschluss OUT bereitgestellten Stroms I.

In Fig. 2 erkennt man beispielhaft ein PWM-Signal PWM mit einer Periodendauer Tpwm. Während jeder Periodendauer Tpwm besitzt das Signal PWM zunächst für eine positive Pulsdauer (nachfolgend kurz "Pulsdauer") Tpos den logischen Wert 1 und sodann für eine negative Pulsdauer Tneg den logischen Wert 0.

Ganz allgemein in vielen Anwendungsfällen der Erfindung vorteilhaft ist eine Periodendauer des PWM-Signals von mindestens 10 µs, insbesondere mindestens 100 µs, und andererseits z. B. maximal 10 ms, insbesondere maximal 5 ms.

Im dargestellten Beispiel (Fig. 2) beträgt ein (momentaner) Tastgrad des Signals PWM, definiert als Verhältnis von Pulsdauer zu Periodendauer, d.h. Tpos / Tpwm, ca. 0,63.

Das Schaltsignal S1 wird von der Ansteuereinrichtung 12 identisch zum zugeführten Signal PWM an die erste Gleichstromquelle 10-1 ausgegeben bzw. weitergeleitet.

Das Schaltsignal S2 wird von der Ansteuereinrichtung 12 als invertierte Version des Signals PWM an die zweite Gleichstromquelle 10-2 ausgegeben. Somit werden die beiden Gleichstromquellen 10-1, 10-2 basierend auf dem Signal PWM komplementär zueinander ein- und ausgeschaltet.

Es sei angenommen, dass die Gleichstromquellen 10-1, 10-2 jeweils dann eingeschaltet sind, falls (und solange) das zugeordnete Schaltsignal S1 bzw. S2 den logischen Wert 1 besitzt.

Die beiden Gleichstromquellen 10-1, 10-2 sind identisch zueinander ausgebildet und werden zunächst mit einander entsprechenden Biassignalen B1, B2 eingestellt, so dass für deren Stromstärken I1, I2 im "Idealfall" gilt: I1 = I2.

Bezeichnet man diese identische "Nenn"-Stromstärke als Ipeak (= I1 = I2), so gilt im Normalbetriebsmodus demnach für den am Ausgangsanschluss OUT fließenden Strom I im "Idealfall":

falls (solange) Gleichstromquelle 10-1 eingeschaltet: I = +Ipeak
falls (solange) Gleichstromquelle 10-2 eingeschaltet: I = -Ipeak

Damit ergibt sich der in Fig. 2 ersichtliche zeitliche Verlauf des Wechselstroms I, der im Idealfall exakt dem zeitlichen Verlauf des Signals PWM entspricht.

Insbesondere für den hier beispielhaft erwähnten Anwendungsfall der Bestromung eines Abgassensors mit "Pumpströmen" ist im Rahmen der Erfindung oftmals ein nomineller Wert der Stromstärke der beiden Gleichstromquellen (Ipeak) vorteilhaft, der mindestens 1 µA, insbesondere mindestens 2 µA, und andererseits z. B. maximal 50 mA, insbesondere maximal 20 mA beträgt. Falls die Schaltungsanordnung mehrere Stromquellen der hier beschriebenen Art aufweist, so sind diese gemäß einer Ausführungsform der Erfindung deren Werte (Ipeak) nicht alle gleich groß bemessen, sondern wenigstens teilweise verschieden voneinander.

Zurückkommend auf Fig. 2 lassen sich durch eine geeignete Vorgabe des Signals PWM ohne weiteres eine Frequenz als auch der (zeitliche) Mittelwert Im des Stroms I vorgeben:

Frequenz des Wechselstroms I = Frequenz des Signals PWM
Mittelwert Im des Wechselstroms I = (2 x Tastgrad - 1) x Ipeak

Für den im Beispiel angenommenen Tastgrad von 0,63 ergibt sich somit Im = (2 x 0,63 - 1) x Ipeak = 0,26 x Ipeak.

In Kenntnis von "Ipeak" bzw. unter der Voraussetzung von "Ipeak = I1 = I2" kann für jeden auszugebenden Wechselstrom I mit vorgegebener Frequenz und vorgegebenem Mittelwert Im Bereich [-Ipeak, +Ipeak] ein geeignetes Signal PWM sehr einfach bestimmt (z. B. berechnet) und der Ansteuereinrichtung 12 zwecks Erzeugung und Ausgabe der Schaltsignale S1, S2 bereitgestellt werden:

Frequenz des Signals PWM = Frequenz des gewünschten Wechselstroms I
Tastgrad des Signals PWM = (Im / Ipeak + 1) / 2

In der Praxis besteht jedoch das Problem, dass der oben erwähnte Idealfall, d.h. die Voraussetzung I1 = I2 (= Ipeak), also Gleichheit der beiden Stromstärken I1 und I2 oftmals nicht ausreichend genau durch eine entsprechende technologische Auslegung (mikroelektronisches Design) sichergestellt werden kann und die sich daraus in der Praxis ergebende Ungleichheit der Werte von I1 und I2 ("mismatching") zu entsprechen Ungenauigkeiten bei der Einstellung des auszugebenden Stroms I führt.

Um dieses Problem zu beseitigen, ist bei der Schaltungsanordnung die Durchführung einer Kalibrierung vorgesehen, durch welche etwaig ungleiche Stromstärken I1, I2 aneinander angeglichen werden, indem hierfür eine oder beide Vorgaben für die Biassignale B1, B2 geeignet verändert werden.

Zurückkommend auf Fig. 1 kann die Ansteuereinrichtung 12 in diesem Beispiel durch ein zugeführtes Modussteuersignal MOD wahlweise in den Normalbetriebsmodus oder in einen Kalibriermodus versetzt werden. Ein solcher Kalibriermodus kann im Betrieb der Schaltungsanordnung 100 z. B. von Zeit zu Zeit

(generell in jeder "stromlosen" Phase möglich) durchgeführt werden. Die Ansteuereinrichtung 12 ist dazu ausgebildet, im Kalibriermodus

- eine Unterbrechung des Strompfads P und eine Entladung des Schaltungsknotens K auf das Referenzpotential GND zu bewirken, indem entsprechende erste und zweite Schaltsignale SU, SE an die ersten und zweiten Schalter 16, 18 ausgegeben werden, so dass der Schalter 16 geöffnet und der Schalter 18 geschlossen wird,

- dann beide Gleichstromquellen 10-1, 10-2 mittels der jeweiligen Schaltsignale S1, S2 gleichzeitig einzuschalten und mittels der vorgegebenen jeweiligen Biassignale B1, B2 deren Stromstärken I1, I2 einzustellen,

und schließlich in Abhängigkeit von dem am Schaltungsknoten K erfassten Potential pot die Vorgabe wenigstens eines der beiden Biassignale B1, B2 zu verändern, um damit die beiden Stromstärken I1, I2 im Normalbetriebsmodus aneinander anzugleichen.

Fig. 3 veranschaulicht den Kalibriermodus anhand eines beispielhaften Verlaufs der von der Ansteuereinrichtung 12 ausgegebenen Signale SU, SE, S1, S2, eines in der Ansteuereinrichtung 12 erzeugten Signals DET sowie die sich ergebenden Verläufe der den Schaltungsknoten K bestromenden Ströme I1, I2. Im Kalibriermodus werden die Schaltsignale S1, S2 nicht wie im Normalbetriebsmodus basierend auf dem Signal PWM erzeugt, sondern gemäß eines vorbestimmten "Kalibrieralgorithmus" wie nachfolgend beschrieben.

Zu Beginn des Kalibriermodus, zu einem Zeitpunkt t1, wechselt das Signal SU von 0 auf 1, so dass der Schalter 16 geöffnet wird.

Zu einem Zeitpunkt t2, wobei im dargestellten Beispiel t1 = t2 gilt, wechselt das Signal SE von 0 auf 1, so dass der Schalter 18 geschlossen wird.

Damit beginnt die Entladung des Schaltungsknotens K auf das Referenzpotential GND.

Zu einem Zeitpunkt t3, der im Beispiel um eine fest vorgegebene Verzögerungszeitspanne nach t1und t2 liegt, wechselt das Signal SE von 1 zurück auf 0, so dass der Schalter 18 wieder geöffnet wird.

Die Verzögerungszeitspanne ist so gewählt, dass zum Zeitpunkt t3 zuverlässig von einer vollständigen Entladung des Schaltungsknotens K (samt der damit elektrisch verbundenen Teile) ausgegangen werden kann. Es gilt dann pot = GND.

Zu einem Zeitpunkt t4, wobei im dargestellten Beispiel t4 = t3 gilt, wechseln die Signale S1 und S2 von 0 auf 1, so dass beide Gleichstromquellen 10-1, 10-2 gleichzeitig eingeschaltet werden, wobei hierbei die vorgegebenen jeweiligen Biassignale B1, B2 deren Stromstärken I1, I2 einstellen.

Daraufhin steigen die Stromstärken I1, I2, was dazu führt, dass entsprechend einer etwaigen Ungleichheit der (zeitlich integrierten) Stromstärken I1, I2 der Schaltungsknoten K (Fig. 1) sich wieder aufladen wird.

Zu einem Zeitpunkt t5, der im Beispiel um eine fest vorgegebene Verzögerungszeitspanne nach t4 (und folglich auch t1 und t2) liegt, wird in der Ansteuereinrichtung 12 ein Detektionssignal DET kurzzeitig von logisch 0 auf logisch 1 gesetzt, womit t5 als ein "Erfassungszeitpunkt" definiert wird, zu dem ein von der Potentialerfassungseinrichtung 14 als Ergebnis der Erfassung des Potentials pot ausgegebenes Ergebnissignal R von der Ansteuereinrichtung 12 registriert wird.

Die Verzögerungszeitspanne (z. B. mindestens 0,5 µs und z. B. maximal 100 µs) ist so gewählt, dass zum Zeitpunkt t5 auch im Falle einer eher geringfügigen Differenz zwischen den (zeitlich integrierten) Stromstärken I1,I2 eine deutlich erfassbare Aufladung des Schaltungsknotens K zum Zeitpunkt t5 vorliegt.

Zu einem Zeitpunkt t6 wechseln die Signale S1 und S2 von 1 wieder zurück auf 0, so dass beide Gleichstromquellen 10-1, 10-2 ausgeschaltet werden und die Ströme I1, I2 zum Erliegen kommen.

Zu einem Zeitpunkt t7, wobei im dargestellten Beispiel t7 = t6 gilt, wechselt das Signal SU von 1 wieder auf 0, so dass der Schalter 16 geschlossen wird.

In Abhängigkeit vom registrierten Ergebnissignal R, welches das am Schaltungsknoten K zum Zeitpunkt t5 erfasste Potential pot repräsentiert, wird die Vorgabe wenigstens eines der beiden Biassignale B1, B2 so verändert, dass damit eine Angleichung der Stromstärken I1, I2 erzielt wird, die in einem darauffolgenden Normalbetriebsmodus vorteilhaft zu einer genaueren Einstellung des Mittelwerts Im des Wechselstroms I führt.

In einer besonders einfachen Ausführungsform ist die Potentialerfassungseinrichtung 14 als ein Komparator ausgebildet, der das Potential pot am Schaltungsknoten K mit dem Referenzpotential GND vergleicht. Der Komparator kann das von der Ansteuereinheit 12 zu registrierende Ergebnis dieses Vergleichs (pot > GND oder pot < GND) als das Ergebnissignal R in Form eines logischen Signals mit möglichen Werten von 0 und 1 anzeigen.

Abweichend davon könnte die Potentialerfassungseinrichtung 14 jedoch auch zur Messung der Spannung zwischen den Potentialen pot und GND und zur Ausgabe eines entsprechenden analogen Ergebnissignals R ausgebildet sein.

Ebenfalls abweichend vom dargestellten Beispiel könnte auch vorgesehen sein, als maßgeblich zu mehreren verschiedenen Erfassungszeitpunkten nacheinander erfasste Werte des Potentials pot zu verwenden, wobei z. B. nach dem Öffnen des zweiten Schalters 18 zeitlich äquidistante Erfassungszeitpunkte definiert sein können. Damit könnte vorteilhaft z. B. festgestellt werden, ob das Potential pot in der Zeit zwischen zwei Erfassungszeitpunkten "steigt oder sinkt" (anstelle der Feststellung "pot > GND oder pot < GND" im dargestellten Beispiel).

Der Kalibriermodus ist damit abgeschlossen und die Ansteuereinrichtung 12 kann mittels des Modussteuersignals MOD wieder in den Normalbetriebsmodus (oder z. B. in einen "Standbymodus" ohne Stromerzeugung mit S1 = S2 = 0) versetzt werden.

Nochmals zurückkommend auf Fig. 1 weist die integrierte Schaltungsanordnung 100 in diesem Beispiel eine Steuereinrichtung 20 auf, welche das Modussteuersignal MOD sowie (zumindest im Normalbetriebsmodus) das PWM-Signal PWM erzeugt und an die Ansteuereinrichtung 12 ausgibt.

Die Steuereinrichtung 20 ist im dargestellten Beispiel dazu ausgebildet, über einen digitalen Kommunikationsbus (z. B. CAN- oder LIN-Bus) mit externen Einrichtungen zu kommunizieren (in Fig. 1 ganz links symbolisiert).

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Steuereinrichtung 20 ein von extern zugeführtes Steuersignal C (z. B. Steuerdaten und/oder Steuerbefehle) für deren Betrieb berücksichtigt.

Beispielsweise könnte mittels des Steuersignals C eine Vorgabe für den Mittelwert Im des zu erzeugenden Wechselstroms I übermittelt werden, woraufhin die Steuereinrichtung 20 basierend auf dieser Vorgabe des Werts Im ein geeignetes bzw. das entsprechende PWM-Signal PWM erzeugt und an die Ansteuereinrichtung 12 ausgibt.

Im dargestellten Beispiel wird mittels eines solchen Steuersignals C eine Aktivierung und Deaktivierung eines Betriebs des an der Schaltungsanordnung 100 angeschlossenen Sensors gesteuert, wobei der Betrieb des Sensors autonom durch die Steuereinrichtung 20 bewerkstelligt wird, und wobei während eines Sensorbetriebs digitale Sensormessdaten über den an der Steuereinrichtung 20 angeschlossenen Kommunikationsbus bereitgestellt bzw. versendet werden.

Im dargestellten Beispiel, in dem die integrierte Schaltungsanordnung 100 als ein Sensorschnittstellenbaustein zum Betreiben eines Sensors vorgesehen ist, erfolgt

die von der Steuereinrichtung 20 vorgenommene Vorgabe für den Mittelwert Im zusätzlich in Abhängigkeit von einem der Steuereinrichtung 20 zugeführten Messsignal M, welches von einer weiteren Potentialerfassungseinrichtung 22 erzeugt und ausgegeben wird und repräsentativ für eine am Strompfad P gemessene Spannung in Bezug beispielsweise auf das Referenzpotential GND (oder z. B. eines anderen, z. B. am Sensor abgegriffenen Potentials) ist.

Das der Steuereinrichtung 20 zugeführte Messsignal M (hier: Spannung am Strompfad P) kann im Falle der Verwendung der Schaltungsanordnung 100 zum Betreiben eines Abgassensors an einer Brennkraftmaschine z. B. repräsentativ für eine im betreffenden Sensor vorliegende Pumpspannung sein (und ggf. gleichzeitig auch ein Potential einer Nernst-Spannung darstellen, die im Abgassensor entsprechend der Konzentration einer Abgaskomponente erzeugt wird).

Die Steuereinrichtung 20 erzeugt in diesem Beispiel im Normalbetriebsmodus aus zeitabhängig (z. B. zeitäquidistant) registrierten Werten des eingestellten Mittelwerts "Im" sowie den zeitlich zugehörigen Werten der von der weiteren Potentialerfassungseinrichtung 22 gemessenen Spannung (Signal M) digitale Sensormessdaten. Diese Daten können in der Steuereinrichtung 20 gegebenenfalls noch zwischengespeichert und/oder weiterverarbeitet werden und werden dann über den an der Schaltungsanordnung 100 angeschlossenen Kommunikationsbus bereitgestellt oder versendet.

Analoges kann für den Fall vorgesehen sein, dass die Schaltungsanordnung 100 mehrere Stromquellen 10 und dementsprechend mehrere Strompfade P und Ausgangsanschlüsse OUT aufweist. In diesem Fall kann die Steuereinrichtung 20 digitale Sensormessdaten erzeugen, welche die vorstehend genannten (z. B. zeitäquidistant registrierten) Wertepaare (aus Werten von "Im" und zugehörigen Werten des Signals "M") für mehrere, insbesondere sämtliche Strompfade P beinhalten.

Abweichend von dem in Fig. 1 dargestellten Beispiel, bei dem das Modussteuersignal MOD innerhalb der Schaltungsanordnung 100 (in der

Steuereinrichtung 20) erzeugt wird und die Schaltungsanordnung 100 somit "autonom" bestimmte zeitlichen Phasen zur Durchführung des Kalibriermodus festlegen kann, könnte auch vorgesehen, dass das Modussteuersignal MOD von extern (z. B. als Bestandteil der Steuerdaten C) zur Schaltungsanordnung 100 übertragen wird.

Abweichend von dem in Fig. 1 dargestellten Beispiel, bei dem die ersten und zweiten Versorgungsanschlüsse K1, K2 zum Anlegen der ersten und zweiten Versorgungspotentiale V1, V2 vorgesehen sind, könnte die integrierte Schaltungsanordnung 100 stattdessen wenigstens eines der Potentiale V1, V2 intern (aus anderen von extern angelegten Potentialen) erzeugen, jedoch im Übrigen unter Verwendung der dann anders bereitgestellten Potentiale V1, V2 genauso funktionieren wie für das Beispiel von Fig. 1 beschrieben. Insbesondere könnte z. B. vorgesehen sein, dass das Referenzpotential GND sowie eines der ersten und zweiten Versorgungspotentiale V1, V2 (z. B. das positive Versorgungspotential V2) von extern an der integrierten Schaltungsanordnung angelegt wird und das andere der Versorgungspotentiale (z. B. das negative Versorgungspotential V1) innerhalb der Schaltungsanordnung 100 erzeugt und somit an einem entsprechenden "internen Versorgungsknoten" bereitgestellt wird.

Die Fig. 4 und 5 veranschaulichen zwei (relativ einfache) schaltungstechnische Implementierungen einer steuerbaren Stromquelle, die bei der Erfindung (z. B. für die in Fig. 1 gezeigte Stromquelle 10) eingesetzt werden können (Im Rahmen der Erfindung können jedoch auch andere Implementierungen, z. B. unter Verwendung von Operationsverstärkern, eingesetzt werden).

Fig. 4 zeigt eine Stromquelle aufweisend zwei jeweils ansteuerbare Gleichstromquellen, die jeweils von einem Transistor T1 bzw. T2 gebildet sind und mit zueinander entgegengesetzten Stromrichtungen einen Schaltungsknoten K bestromen. Jeder der Transistoren T1, T2 bildet einen ansteuerbaren Strompfad und realisiert gleichzeitig die Funktionen "Schalten" und "Einstellen (der Stromstärke I1 bzw. I2)". Jeweilige Biassignale B1, B2 darstellende Biasströme Ibias1, Ibias2 erzeugen hier in einer Stromspiegelanordnung (T1 bis T4)

entsprechende Biasspannungen Vbias1, Vbias2, die über einen mittels des jeweiligen Schaltsignals S1, S2 angesteuerten Schalttransistor (in der Figur als Schalter symbolisiert) an einen Steuereingang (z. B. Gate bei einem FET) des jeweiligen Transistors T1, T2 angelegt werden. Mittels invertierter Schaltsignale S1*, S2* werden jeweilige weitere Schalttransistoren angesteuert, über welche im ausgeschalteten Zustand des jeweiligen Transistors T1 bzw. T2 deren Potential am Steuereingang (z. B. Gate bei einem FET) entsprechend festgelegt wird.

Fig. 5 zeigt eine Stromquelle, bei der im Unterschied zu Fig. 4 die beiden Gleichstromquellen jeweils einen mittels des Schaltsignals S1, S2 angesteuerten "Schalttransistor" T1, T2 und in Reihenschaltung dazu angeordnet einen mittels einer Biassspannung Vbias1, Vbias2 (Biassignale B1, B2) angesteuerten "Einstelltransistor" Tbias1, Tbias2 aufweisen.

Bei Implementierung der in Fig. 1 gezeigten Schaltungsanordnung 100 mit einer Stromquelle der in Fig. 4 oder 5 gezeigten Art können die von der Ansteuereinrichtung 12 ausgegebenen Biassignale B1, B2 zur Steuerung der Biasströme Ibias1, Ibias2 in Fig. 4 bzw. der Biasspannungen Vbias1, Vbias2 in Fig. 5 eingesetzt werden (Letztere Biasspannungen Vbias1, Vbias2 könnten hierbei z. B. ebenfalls über eine Stromspiegelanordnung der in Fig. 4 gezeigten Art erzeugt werden).

Abweichend von dem in Fig. 1 dargestellten Fall, in dem die Schaltungsanordnung 100 eine einzige Stromquelle 10 aufweist, könnten auch mehrere derartige Stromquellen 10 samt zugehörigen Komponenten wie Strompfade P, Ausgangsanschlüsse OUT, Erfassungseinrichtungen 14 etc. sowie eine gemeinsam genutzte Steuereinrichtung 20 in der Schaltungsanordnung 100 vorhanden sein. Eine derartige Schaltungsanordnung 100 kann vorteilhaft zur Bestromung einer externen Einrichtung (z. B. Sensor) mit mehreren unabhängig voneinander einstellbaren Strömen und/oder Bestromung mehrerer externer Einrichtungen (z. B. Sensoren) verwendet werden.

Falls eine Schaltungsanordnung 100 mit mehreren Stromquellen 10 ausgestattet ist, so können zugunsten einer universelleren Einsetzbarkeit der Schaltungsanordnung 100 diese mehreren Stromquellen 10 mit voneinander verschiedenen "Nenn"-Stromstärken I1, I2 ausgebildet sein.

Bezugszeichenliste

100	Integrierte Schaltungsanordnung
K1, K2	Versorgungsanschlüsse
V1, V2	Versorgungspotentiale
GND	Referenzpotential
10	steuerbare Stromquelle
I	Wechselstrom
Im	Mittelwert (des Wechselstroms I)
P	Strompfad
OUT	Ausgangsanschluss
10-1	erste Gleichstromquelle
10-2	zweite Gleichstromquelle
K	Schaltungsknoten
pot	Potential (am Schaltungsknoten)
12	Ansteuereinrichtung
S1, S2	Schaltsignale
B1, B2	Biassignale
I1, I2	Stromstärken (der Gleichstromquellen)
16	erster Schalter
SU	erstes Schaltsignal
18	zweiter Schalter
SE	zweites Schaltsignal
C	Steuersignal
20	Steuereinrichtung
MOD	Modussteuersignal
PWM	PWM-Signal
14	Potentialerfassungseinrichtung
R	Ergebnissignal
22	weitere Potentialerfassungseinrichtung
M	Messsignal

Patentansprüche

1. Integrierte Schaltungsanordnung (100)

mit wenigstens einer steuerbaren Stromquelle (10) zur Erzeugung eines Wechselstroms (I) mit einstellbarem Mittelwert (Im), wobei die Stromquelle (10) zwei jeweils ansteuerbare Gleichstromquellen (10-1, 10-2) aufweist, die mit zueinander entgegengesetzten Stromrichtungen einen gemeinsamen Schaltungsknoten (K) bestromen, der über einen Strompfad (P) mit einem Ausgangsanschluss (OUT) zur Ausgabe des Wechselstroms (I) verbunden ist,

mit einer Ansteuereinrichtung (12), die dazu ausgebildet ist, in einem Normalbetriebsmodus die beiden Gleichstromquellen (10-1, 10-2) basierend auf einem der Ansteuereinrichtung (12) zugeführten PWM-Signal (PWM) komplementär zueinander PWM-moduliert mittels jeweiliger Schaltsignale (S1, S2) ein- und auszuschalten und mittels hierbei von der Ansteuereinrichtung (12) vorgegebener jeweiliger Biassignale (B1, B2) die Stromstärken (I1, I2) der beiden Gleichstromquellen (10-1, 10-2) einzustellen,

mit einer Potentialerfassungseinrichtung (14) zum Erfassen des Potentials (pot) am Schaltungsknoten (K),

mit einem im Verlauf des Strompfads (P) angeordneten, von der Ansteuereinrichtung (12) mittels eines ersten Schaltsignals (SU) ansteuerbaren ersten Schalter (16), und

mit einem von der Ansteuereinrichtung (12) mittels eines zweiten Schaltsignals (SE) ansteuerbaren zweiten Schalter (18), der einerseits elektrisch mit dem Schaltungsknoten (K) verbunden ist und andererseits mit einem vorgegebenen Referenzpotential (GND) beaufschlagt wird,

wobei die Ansteuereinrichtung (12) ferner dazu ausgebildet ist, in einem Kalibriermodus

- eine Unterbrechung des Strompfads (P) und eine Entladung des Schaltungsknotens (K) auf das Referenzpotential (GND) zu bewirken, indem entsprechende erste und zweite Schaltsignale (SU, SE) an die ersten und zweiten Schalter (16, 18) ausgegeben werden,

- dann beide Gleichstromquellen (10-1, 10-2) mittels der jeweiligen Schaltsignale (S1, S2) gleichzeitig einzuschalten und mittels der vorgegebenen jeweiligen Biassignale (B1, B2) deren Stromstärken (I1, I2) einzustellen,

und schließlich in Abhängigkeit von dem am Schaltungsknoten (K) erfassten Potential (pot) die Vorgabe wenigstens eines der beiden Biassignale (B1, B2) zu verändern, um damit die beiden Stromstärken (I1, I2) im Normalbetriebsmodus aneinander anzugleichen.

2. Integrierte Schaltungsanordnung (100) nach Anspruch 1, aufweisend einen ersten und einen zweiten Versorgungsanschluss (K1, K2) zum Anlegen eines ersten bzw. eines zweiten Versorgungspotentials (V1, V2), wobei der erste Versorgungsanschluss (K1) über die erste ansteuerbare Gleichstromquelle (10-1) elektrisch mit dem Schaltungsknoten (K) verbunden ist und der zweite Versorgungsanschluss (K2) über die zweite ansteuerbare Gleichstromquelle (10-2) elektrisch mit dem Schaltungsknoten (K) verbunden ist.

3. Integrierte Schaltungsanordnung (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die beiden Gleichstromquellen (10-1, 10-2) jeweils einen mittels des Schaltsignals (S1, S2) angesteuerten Transistor und in Reihenschaltung dazu angeordnet einen mittels des Biassignals (B1, B2) angesteuerten Transistor aufweisen.

4. Integrierte Schaltungsanordnung (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Ansteuereinrichtung (12) dazu ausgebildet ist, im Kalibriermodus in Abhängigkeit von dem am Schaltungsknoten (K) nach Ablauf

einer vorbestimmten Verzögerungszeitspanne nach dem Einschalten der beiden Gleichstromquellen (10-1, 10-2) erfassten Wert des Potentials (pot) die Vorgabe des wenigstens einen der Biassignale (B1, B2) zu verändern.

5. Integrierte Schaltungsanordnung (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Potentialerfassungseinrichtung (14) als ein Komparator ausgebildet ist, der das Potential (pot) am Schaltungsknoten (K) mit dem Referenzpotential (GND) vergleicht und ein das Ergebnis dieses Vergleichs repräsentierendes Ergebnissignal (R) an die Ansteuereinrichtung (12) ausgibt.

6. Integrierte Schaltungsanordnung (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, aufweisend einen ersten und einen zweiten Versorgungsanschluss (K1, K2) zum Anlegen eines ersten bzw. eines zweiten Versorgungspotentials (V1, V2), wobei das vorgegebenes Referenzpotential (GND) in der Mitte zwischen den beiden Versorgungspotentialen (V1, V2) liegt.

7. Integrierte Schaltungsanordnung (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine ESD-Schutzeinrichtung an einer permanent elektrisch mit dem Ausgangsanschluss (OUT) verbundenen Stelle des Strompfads (P) vorgesehen ist, und wobei eine Replik der ESD-Schutzeinrichtung vorgesehen ist, die im Kalibriermodus elektrisch mit einer Stelle des Strompfads (P) verbunden werden kann, die auch im Kalibriermodus elektrisch mit dem Schaltungsknoten (K) verbunden ist.

8. Integrierte Schaltungsanordnung (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, ferner aufweisend eine Steuereinrichtung (20), die dazu ausgebildet ist,

- in Abhängigkeit von wenigstens einem der Steuereinrichtung (20) zugeführten Steuersignal (C) und/oder wenigstens einem der Steuereinrichtung (20) zugeführten Messsignal (M) eine Vorgabe für den Mittelwert (Im) des zu erzeugenden Wechselstroms (I) zu bestimmen, und

- basierend auf der Vorgabe für den Mittelwert (Im) ein geeignetes PWM-Signal (PWM) zu erzeugen und an die Ansteuereinrichtung (12) auszugeben.

9. Integrierte Schaltungsanordnung (100) nach Anspruch 8, ausgebildet als ein Sensorschnittstellenbaustein zum Betreiben wenigstens eines Sensors, beispielsweise eines Abgassensors an einer Brennkraftmaschine, wobei ein Anschluss des Sensors an dem Ausgangsanschluss (OUT) der integrierten Schaltungsanordnung (100) und somit eine Bestromung des Sensors mit dem Wechselstrom (I) mit einstellbarem Mittelwert (Im) vorgesehen ist.

10. Verfahren zum Steuern einer steuerbaren Stromquelle (10) einer integrierten Schaltungsanordnung (100),

wobei die steuerbare Stromquelle (10) zur Erzeugung eines Wechselstroms (I) mit einstellbarem Mittelwert (Im) vorgesehen ist, und wobei die Stromquelle (10) zwei jeweils ansteuerbare Gleichstromquellen (10-1, 10-2) aufweist, die mit zueinander entgegengesetzten Stromrichtungen einen gemeinsamen Schaltungsknoten (K) bestromen, der über einen Strompfad (P) mit einem Ausgangsanschluss (OUT) zur Ausgabe des Wechselstroms (I) verbunden ist,

wobei die integrierte Schaltungsanordnung (100) ferner aufweist:

- eine Potentialerfassungseinrichtung (14) zum Erfassen des Potentials (pot) am Schaltungsknoten (K),

- einen im Verlauf des Strompfads (P) angeordneten ansteuerbaren ersten Schalter (16), und

- einen ansteuerbaren zweiten Schalter (18), der einerseits elektrisch mit dem Schaltungsknoten (K) verbunden ist und andererseits mit einem vorgegebenen Referenzpotential (GND) beaufschlagt wird,

wobei das Verfahren aufweist:

- in einem Normalbetriebsmodus: PWM-moduliertes Ein- und Ausschalten der beiden Gleichstromquellen (10-1, 10-2) komplementär zueinander und hierbei Einstellen der Stromstärken (I1, I2) der beiden Gleichstromquellen (10-1, 10-2) gemäß einer jeweiligen Vorgabe (B1, B2),

- in einem Kalibriermodus: Unterbrechen des Strompfads (P) durch Öffnen des ersten Schalters (16) und Entladen des Schaltungsknotens (K) auf das Referenzpotential (GND) durch Schließen des zweiten Schalters (18), dann gleichzeitiges Einschalten der beiden Gleichstromquellen (10-1, 10-2) mittels der jeweiligen Schaltsignale (S1, S2) und Einstellen von deren Stromstärken (I1, I2) gemäß der jeweiligen Vorgabe (B1, B2), und schließlich Verändern wenigstens einer der beiden Vorgaben (B1, B2) in Abhängigkeit von dem am Schaltungsknoten (K) erfassten Potential (pot), um damit die beiden Stromstärken (I1, I2) im Normalbetriebsmodus aneinander anzugleichen.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei im Kalibriermodus wenigstens eines von folgendem vorgesehen ist:

- das Öffnen des ersten Schalters (16) und das Schließen des zweiten Schalters (18) erfolgen gleichzeitig,

- das Einschalten der beiden Gleichstromquellen (10-1, 10-2) und ein Öffnen des zweiten Schalters (18) erfolgen gleichzeitig,

- das Öffnen des zweiten Schalters (18) erfolgt nach einer fest vorgegebenen Verzögerungszeitspanne nach dem Schließen des zweiten Schalters (18),

- die Veränderung der wenigstens einen der beiden Vorgaben (B1, B2) hängt maßgeblich von einem oder mehreren Werten des am Schaltungsknoten (K) erfassten Potentials (pot) ab, die zu einem bzw. mehreren entsprechenden Erfassungszeitpunkten erfasst werden, wobei jeder Erfassungszeitpunkt um

eine jeweils fest vorgegebene Erfassungsverzögerungsspanne nach dem Öffnen des zweiten Schalters (18) vorgesehen ist.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, wobei im Kalibriermodus die Veränderung der wenigstens einen der beiden Vorgaben (B1, B2) maßgeblich von einem einzigen Wert des am Schaltungsknoten (K) erfassten Potentials (pot) abhängt, der zu einem Erfassungszeitpunkt erfasst wird, welcher um eine fest vorgegebene Erfassungsverzögerungsspanne nach dem Öffnen des zweiten Schalters (18) vorgesehen ist.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die Veränderung der wenigstens einen der beiden Vorgaben (B1, B2) maßgeblich davon abhängt, ob der Wert des am Schaltungsknoten (K) erfassten Potentials (pot) größer oder kleiner als das Referenzpotential (GND) ist.

14. Verwendung einer integrierten Schaltungsanordnung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 und/oder eines Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13 für eine Realisierung des Betriebs eines Abgassensors an einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Sensors zur Messung einer NOx-Konzentration und/oder eines Luft/Kraftstoff-Verhältnisses.

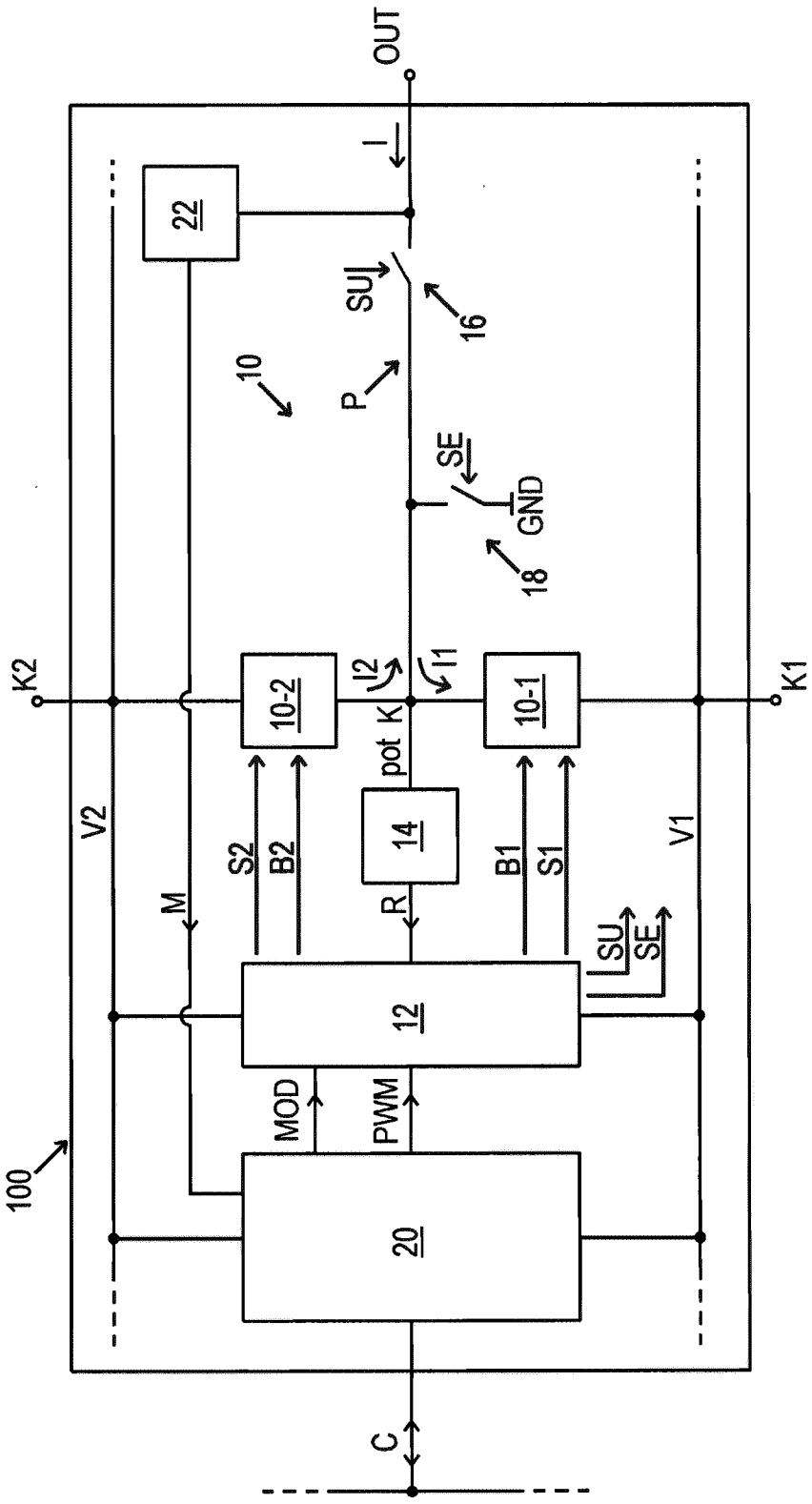

OUT
I
22
SU
16
10
P
SE
GND
18
K2
10-2
I2
I1
10-1
K1
pot K
V2
S2
B2
14
B1
S1
V1
M
R
SU
SE
12
MOD
PWM
100
20
C

Fig. 1

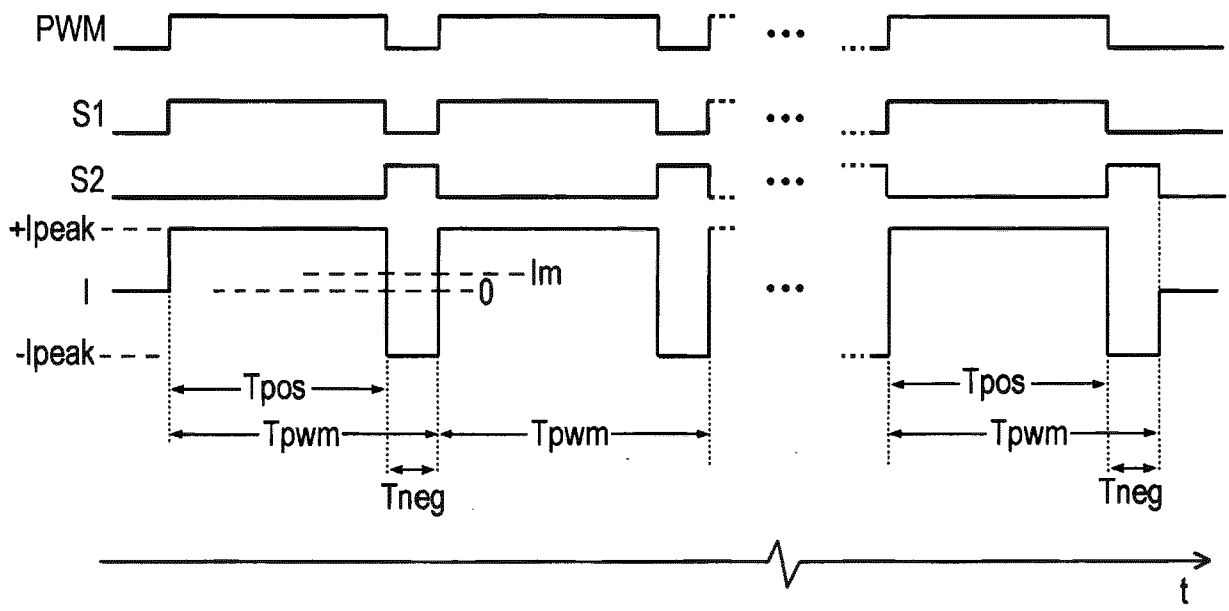

PWM
S1
S2
+Ipeak
I
-Ipeak
Im
0
Tpos
Tpwm
Tpwm
Tneg
Tpos
Tpwm
Tneg
t

Fig. 2

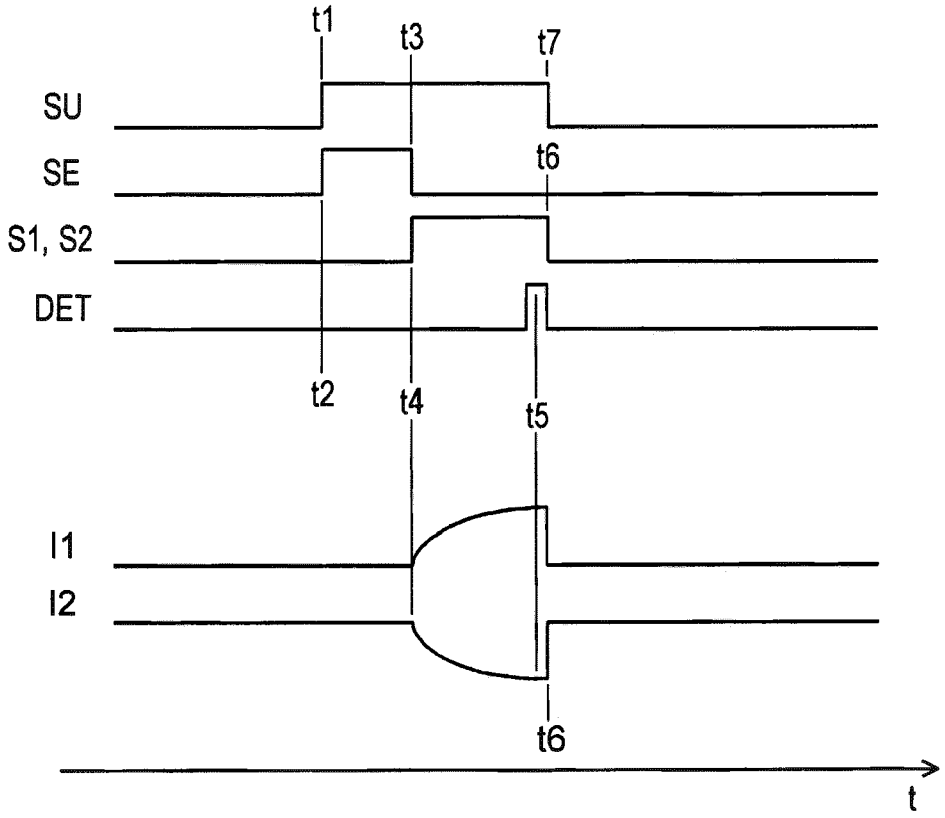

t1
t3
t7
SU
SE
t6
S1, S2
DET
t2
t4
t5
I1
I2
t6
t

Fig. 3

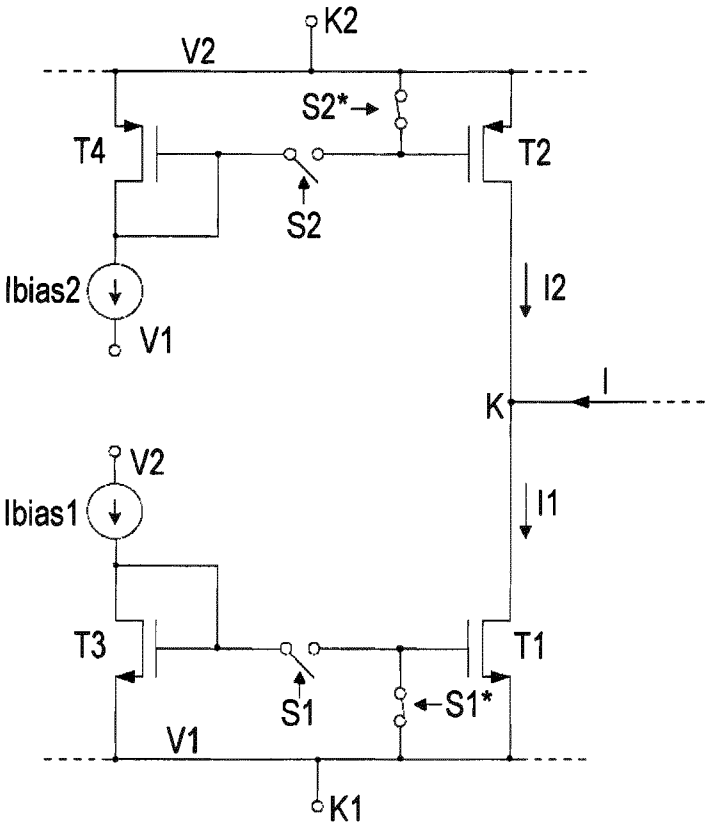

K2
V2
S2*
T4
T2
S2
Ibias2
V1
I2
I
K
V2
Ibias1
I1
T3
T1
S1
S1*
V1
K1

Fig. 4

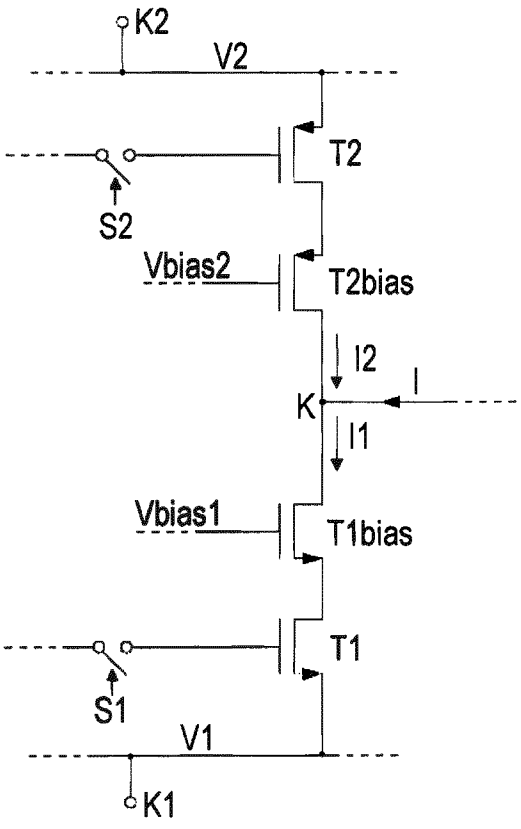

K2
V2
T2
S2
Vbias2
T2bias
I2
I
K
I1
Vbias1
T1bias
T1
S1
V1
K1

Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2022/073162

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05F 3/26(2006.01)i; ***H03L 7/089***(2006.01)i; ***H03M 1/82***(2006.01)i; ***H03M 1/10***(2006.01)i; ***G05F 3/08***(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G05F; H03L; H03M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 8138822 B1 (CYRUSIAN SASAN [US]) 20 March 2012 (2012-03-20) column 6, line 1 - column 7, line 51; figures 5,7,8,9	1-14
X	US 6118346 A (OLGAARD CHRISTIAN V [US]) 12 September 2000 (2000-09-12) column 6, line 1 - column 8, line 42; figures 7-10	1-14
X	US 2005099215 A1 (HSU TSE-HSIANG [TW] ET AL) 12 May 2005 (2005-05-12) paragraphs [0018] - [0036]; figures 3,4	1-14
X	US 2013265104 A1 (BEALE CHRISTOPHER JACQUES [GB] ET AL) 10 October 2013 (2013-10-10) paragraphs [0026] - [0051], [0075]; figures 4-6	1-14
A	US 7701271 B1 (SANIELEVICI SERGIO [US] ET AL) 20 April 2010 (2010-04-20) column 4, line 51 - column 7, line 14; figures 4-7	1-14
A	DE 3852954 T2 (MAGELLAN CORP AUSTRALIA [AU]) 24 May 1995 (1995-05-24) paragraphs [0066] - [0073]; figures 5,6	1-14
A	US 2001052811 A1 (KIM KYU-HYOUN [KR]) 20 December 2001 (2001-12-20) figure 3	1

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
09 November 2022	**22 November 2022**
Name and mailing address of the ISA/EP **European Patent Office** **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Authorized officer **Zakharian, Andre** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2022/073162

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB 2356751 A (SONY UK LTD [GB]) 30 May 2001 (2001-05-30) figure 4	1
A	US 9742380 B1 (RAJ MAYANK [US] ET AL) 22 August 2017 (2017-08-22) figure 1	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2022/073162

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	8138822	B1	20 March 2012	NONE			
US	6118346	A	12 September 2000	NONE			
US	2005099215	A1	12 May 2005	TW	I245493	B	11 December 2005
				US	2003076141	A1	24 April 2003
				US	2005099215	A1	12 May 2005
US	2013265104	A1	10 October 2013	CN	103368381	A	23 October 2013
				US	2013265104	A1	10 October 2013
US	7701271	B1	20 April 2010	NONE			
DE	3852954	T2	24 May 1995	AT	118133	T	15 February 1995
				CA	1311020	C	01 December 1992
				DE	3852954	T2	24 May 1995
				EP	0390800	A1	10 October 1990
				HK	35996	A	08 March 1996
				JP	H03501912	A	25 April 1991
				WO	8905063	A1	01 June 1989
US	2001052811	A1	20 December 2001	DE	10128384	A1	10 January 2002
				JP	3976165	B2	12 September 2007
				JP	2002026727	A	25 January 2002
				KR	20010110928	A	15 December 2001
				US	2001052811	A1	20 December 2001
GB	2356751	A	30 May 2001	GB	2356751	A	30 May 2001
				GB	2395384	A	19 May 2004
				JP	2001177399	A	29 June 2001
				US	6469554	B1	22 October 2002
US	9742380	B1	22 August 2017	CN	109644001	A	16 April 2019
				EP	3465916	A1	10 April 2019
				JP	6893942	B2	23 June 2021
				JP	2019520751	A	18 July 2019
				KR	20190013743	A	11 February 2019
				US	9742380	B1	22 August 2017
				WO	2017209986	A1	07 December 2017

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2022/073162

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G05F3/26 H03L7/089 H03M1/82 H03M1/10 G05F3/08
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G05F H03L H03M

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 8 138 822 B1 (CYRUSIAN SASAN [US]) 20. März 2012 (2012-03-20) Spalte 6, Zeile 1 - Spalte 7, Zeile 51; Abbildungen 5,7,8,9	1-14
X	US 6 118 346 A (OLGAARD CHRISTIAN V [US]) 12. September 2000 (2000-09-12) Spalte 6, Zeile 1 - Spalte 8, Zeile 42; Abbildungen 7-10	1-14
X	US 2005/099215 A1 (HSU TSE-HSIANG [TW] ET AL) 12. Mai 2005 (2005-05-12) Absätze [0018] - [0036]; Abbildungen 3,4	1-14

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
9. November 2022	22/11/2022

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Zakharian, Andre

1

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (April 2005)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2022/073162

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2013/265104 A1 (BEALE CHRISTOPHER JACQUES [GB] ET AL) 10. Oktober 2013 (2013-10-10) Absätze [0026] - [0051], [0075]; Abbildungen 4-6	1-14
A	US 7 701 271 B1 (SANIELEVICI SERGIO [US] ET AL) 20. April 2010 (2010-04-20) Spalte 4, Zeile 51 - Spalte 7, Zeile 14; Abbildungen 4-7	1-14
A	DE 38 52 954 T2 (MAGELLAN CORP AUSTRALIA [AU]) 24. Mai 1995 (1995-05-24) Absätze [0066] - [0073]; Abbildungen 5,6	1-14
A	US 2001/052811 A1 (KIM KYU-HYOUN [KR]) 20. Dezember 2001 (2001-12-20) Abbildung 3	1
A	GB 2 356 751 A (SONY UK LTD [GB]) 30. Mai 2001 (2001-05-30) Abbildung 4	1
A	US 9 742 380 B1 (RAJ MAYANK [US] ET AL) 22. August 2017 (2017-08-22) Abbildung 1	1

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/073162

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 8138822 B1	20-03-2012	KEINE	
US 6118346 A	12-09-2000	KEINE	
US 2005099215 A1	12-05-2005	TW I245493 B	11-12-2005
		US 2003076141 A1	24-04-2003
		US 2005099215 A1	12-05-2005
US 2013265104 A1	10-10-2013	CN 103368381 A	23-10-2013
		US 2013265104 A1	10-10-2013
US 7701271 B1	20-04-2010	KEINE	
DE 3852954 T2	24-05-1995	AT 118133 T	15-02-1995
		CA 1311020 C	01-12-1992
		DE 3852954 T2	24-05-1995
		EP 0390800 A1	10-10-1990
		HK 35996 A	08-03-1996
		JP H03501912 A	25-04-1991
		WO 8905063 A1	01-06-1989
US 2001052811 A1	20-12-2001	DE 10128384 A1	10-01-2002
		JP 3976165 B2	12-09-2007
		JP 2002026727 A	25-01-2002
		KR 20010110928 A	15-12-2001
		US 2001052811 A1	20-12-2001
GB 2356751 A	30-05-2001	GB 2356751 A	30-05-2001
		GB 2395384 A	19-05-2004
		JP 2001177399 A	29-06-2001
		US 6469554 B1	22-10-2002
US 9742380 B1	22-08-2017	CN 109644001 A	16-04-2019
		EP 3465916 A1	10-04-2019
		JP 6893942 B2	23-06-2021
		JP 2019520751 A	18-07-2019
		KR 20190013743 A	11-02-2019
		US 9742380 B1	22-08-2017
		WO 2017209986 A1	07-12-2017