

(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
9. September 2016 (09.09.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/139314 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01R 27/08 (2006.01) **G01R 27/14** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/054572
- (22) Internationales Anmeldedatum:
3. März 2016 (03.03.2016)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2015 203 866.1 4. März 2015 (04.03.2015) DE
- (71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG
E.V.** [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE).
- (72) Erfinder: **STAHL-OFFERGELD, Markus**; Dieselstr. 14,
91058 Erlangen (DE). **HOHE, Hans-Peter**; Burggrub 28,
91332 Heiligenstadt (DE). **SAUERER, Josef**; Stegerstr.
9a, 91074 Herzogenaurach (DE).
- (74) Anwälte: **ZIMMERMANN, Tankred** et al.; Schoppe,
Zimmermann, Stöckeler, Zinkler, Schenk & Partner mbB,
Radlkoferstraße 2, 81373 München (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, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR LEAKAGE-CURRENT-COMPENSATED RESISTANCE MEASUREMENT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR LECKSTROMKOMPENSIERTEN WIDERSTANDSMESSUNG

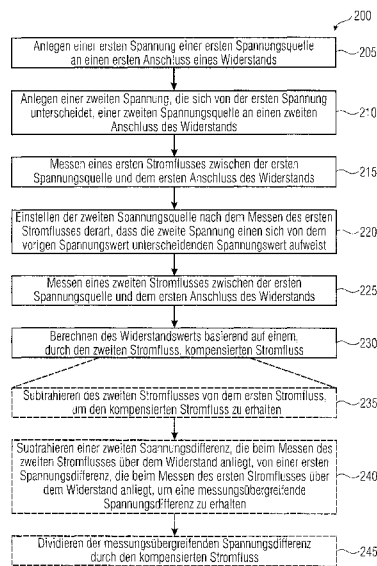


FIG 2

- 205.. Applying a first voltage of a first voltage source to a first connection of a resistor
210.. Applying a second voltage of a second voltage source, which differs from the first voltage, to a second connection of the resistor
215.. Measuring a first current flow between the first voltage source and the first connection of the resistor
220.. Setting the second voltage source in such a way that the second voltage has a voltage value that differs from the previous voltage value, after the measurement of the first current flow
225.. Measuring a second current flow between the first voltage source and the first connection of the resistor
230.. Calculating the resistance value on the basis of a current flow compensated by means of the second current flow
235.. Subtracting the second current flow from the first current flow in order to obtain the compensated current flow
240.. Subtracting a second voltage difference, which is present across the resistor during the measurement of the second current flow, from a first voltage difference, which is present across the resistor during the measurement of the first current flow, in order to obtain an intermeasurement voltage difference
245.. Dividing the intermeasurement voltage difference by the compensated current flow

(57) Abstract: The invention relates to a schematic presentation of a flowchart of a method (200) for leakage-current-compensated resistance measurement. The method comprises a step (205) in which a first voltage of the first voltage source is applied to the first connection of the resistor and a step (210) in which a second voltage of the second voltage source, which differs from the first voltage, is applied to the second connection of the resistor. Thereafter, in step (215), a first current flow between the first voltage source and the first connection of the resistor is measured. In a step (220), after the measurement of the first current flow (45), the second voltage source (15) is set in such a way that the second voltage (35') has a voltage value that differs from the previous voltage value. Then, in step (225), a second current flow between the first voltage source and the first connection of the resistor is measured. In step (230), on the basis of the two measurements, the resistance value of the resistor is calculated on the basis of a first current flow compensated by means of the second current flow.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/139314 A1



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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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).

(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,

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Es ist eine schematische Darstellung eines Flussdiagramms eines Verfahrens (200) zur leckstromkompensierten Widerstandsmessung gezeigt. Das Verfahren umfasst einen Schritt (205), in dem eine erste Spannung der ersten Spannungsquelle an den ersten Anschluss des Widerstands angelegt wird, und einen Schritt (210), in dem eine zweite Spannung, die sich von der ersten Spannung unterscheidet, der zweiten Spannungsquelle an dem zweiten Anschluss des Widerstands angelegt wird. Im Anschluss wird in Schritt (215) ein erster Stromfluss zwischen der ersten Spannungsquelle und dem ersten Anschluss des Widerstands gemessen. In einem Schritt (220) wird die zweite Spannungsquelle (15) nach dem Messen des ersten Stromflusses (45) derart eingestellt, dass die zweite Spannung 35' einen sich von dem vorigen Spannungswert unterscheidenden Spannungswert aufweist. In Schritt (225) wird nun ein zweiter Stromfluss zwischen der ersten Spannungsquelle und dem ersten Anschluss des Widerstands gemessen. Basierend auf den beiden Messungen wird in Schritt (230) der Widerstandswert des Widerstands basierend auf einem, durch den zweiten Stromfluss kompensierten ersten Stromfluss berechnet.

Verfahren und Vorrichtung zur leckstromkompensierten Widerstandsmessung

Beschreibung

5

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zur leckstromkompensierten Widerstandsmessung. Ausführungsbeispiele zeigen eine leckstromtolerante Widerstandsmessung sowie eine CMOS-integrierte leckstromtolerante Widerstandsmessung.

10

Der Widerstand eines Elements lässt sich mithilfe des Ohm'schen Gesetzes ($U = R \times I$) bestimmen. Zur Bestimmung des Widerstands wird entweder ein konstanter Strom in den Widerstand eingespeist und die Spannung über dem Sensor (bzw. Widerstand) gemessen, oder der Widerstand wird mit einer konstanten Spannung beaufschlagt und es wird der Strom durch den Widerstand gemessen. Beide Messarten lassen sich auch in CMOS (Complementary Metal Oxid Semiconductor, dt.: sich ergänzender Metalloxidhalbleiter) Chips leicht integrieren. Problematisch wird die Widerstandsmessung bei sehr großen Widerständen, da hier die Leckströme größer sein können als die zu messenden Ströme durch den Widerstand und somit eine Widerstandsmessung unmöglich wird.

15

20

Der vorliegenden Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Konzept zur Widerstandsmessung zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Erfindungsgemäße Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen definiert.

25

Ausführungsbeispiele zeigen ein Verfahren zur leckstromkompensierten Widerstandsmessung. In einem ersten Schritt wird eine erste Spannung einer ersten Spannungsquelle an einen ersten Anschluss eines Widerstands angelegt, sowie in einem zweiten Schritt eine zweite Spannung, die sich von der ersten Spannung unterscheidet, einer zweiten Spannungsquelle an einen zweiten Anschluss des Widerstands angelegt. Ferner wird ein erster Stromfluss zwischen der ersten Spannungsquelle und dem ersten Anschluss des Widerstands gemessen. Nach dem Messen des ersten Stromflusses erfolgt das Einstellen der zweiten Spannungsquelle derart, dass die zweite Spannung einen sich von dem vorigen Spannungswert unterscheidenden Spannungswert aufweist. Daraufhin wird ein zwei-

30

35

ter Stromfluss zwischen der ersten Spannungsquelle und dem ersten Anschluss des Widerstands gemessen und ein Widerstandswert, basierend auf einem, durch den zweiten Stromfluss, kompensierten ersten Stromfluss berechnet.

- 5 Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass eine leckstrombehaftete Standardwiderstandsmessung mittels einer Kompensationsmessung kompensiert werden kann. Für die Standardwiderstandsmessung werden zunächst zwei Spannungsquellen an beide Enden des Widerstands angeschlossen, wobei die Spannungswerte der Spannungsquellen sich voneinander unterscheiden, so dass über dem Widerstand eine Potenzialdifferenz vorliegt, die in einen Stromfluss resultiert. Der Stromfluss wird, beispielsweise mittels
10 eines Amperemeters, zwischen der ersten Spannungsquelle und dem Widerstand gemessen. Dabei wird die Messung der Stromstärke durch Leckströme zwischen der ersten Spannungsquelle und dem Widerstand beeinflusst. Für die Kompensationsmessung wird die Spannung der zweiten Spannungsquelle auf einen anderen als den vorher eingestellten Spannungswert geregelt. Sofern die erste Spannung konstant bleibt, kann nun aus einer messungsübergreifenden Differenz der Spannungsdifferenzen über dem Widerstand und einer Differenz der gemessenen Stromstärken der Widerstand berechnet werden. Die Leckströme bleiben in diesem Fall konstant, da die erste Spannung konstant ist und heben sich bei der Subtraktion der Stromstärken von der ersten und der zweiten Messung
15 gegeneinander auf.
20

- Gemäß Ausführungsbeispielen wird die zweite Spannungsquelle nach dem Messen des ersten Stromflusses derart eingestellt, dass die zweite Spannung den Spannungswert der ersten Spannung aufweist. Über dem Widerstand liegt somit keine Potenzialdifferenz mehr vor bzw. die Potentialdifferenz beträgt 0V. Die nun gemessene Stromstärke zwischen der ersten Spannungsquelle und dem Widerstand weist nun den Wert der Leckströme zwischen der ersten Spannungsquelle und dem Widerstand auf. Leckströme zwischen der zweiten Spannungsquelle und dem Widerstand werden von der Spannungsquelle, die als geregelte Spannungsquelle ausgeführt sein kann, bereits kompensiert.
25
30 Ferner hat auch die Höhe der Leckströme keine Auswirkung auf die vorgestellte Messung, da die Leckströme nochmals separat gemessen werden und zur Berechnung des Widerstands den Stromfluss der ersten Messung kompensieren.

- Ausführungsbeispiele beschreiben ferner das Berechnen des Widerstandswerts, wobei
35 der zweite Stromfluss von dem ersten Stromfluss subtrahiert wird, um den kompensierten ersten Stromfluss zu erhalten, und die Spannungsdifferenz, die beim Messen des ersten

Stromflusses über dem Widerstand anliegt, durch den kompensierten Stromfluss dividiert wird. Dies ist vorteilhaft, da so der reale Stromfluss durch den Widerstand, unabhängig von den auftretenden Leckströmen, zur Berechnung des Widerstandswerts herangezogen werden kann, und die Berechnung, insbesondere bei hohen Leckströmen, deutlich präzi-
5 siert.

Ausführungsbeispiele beschreiben ferner, dass der Anschluss des Widerstands an einem Anschlusselement kontaktiert bzw. elektrisch angeschlossen ist. Das Anschlusselement kann ein Anschlusspad sein, wie es beispielsweise bei der Fertigung von CMOS-
10 Bauelementen verwendet wird. Dies ermöglicht die Herstellung einer integrierten Schaltung bzw. eines Chips oder eines Bauteils, das die integrierte Schaltung umfasst, wobei das Anschlusselement einen Kontakt der integrierten Schaltung zur Außenwelt darstellt, an der ein Widerstand zur Widerstandsmessung angeschlossen werden kann. Standard-anschlusselemente bzw. handelsübliche Anschluss pads können selber einen hohen
15 Leckstrom aufweisen, der durch die gezeigte Messung ebenfalls kompensiert wird.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel werden die beschriebenen Verfahrensschritte mittels einer Steuerungseinheit ausgeführt, wobei die Steuerungseinheit programmiert sein kann, die Verfahrensschritte automatisch auszuführen. Dies ist vorteilhaft, da somit
20 eine automatische und präzise Messung in Abwesenheit von Testpersonal oder zumindest ohne manuelle Eingriffe vorgenommen werden kann.

Ferner zeigen Ausführungsbeispiele eine Vorrichtung zur leckstromkompensierten Widerstandsmessung mit einer ersten Spannungsquelle, die ausgebildet ist, eine erste Spannung, unabhängig von einem Stromfluss, an einen ersten Anschluss eines Widerstands
25 bereitzustellen, sowie einer zweiten Spannungsquelle, die ausgebildet ist, eine zweite Spannung, unabhängig von einem Stromfluss, an einen zweiten Anschluss des Widerstands bereitzustellen. Ferner umfasst die Vorrichtung eine Strommessvorrichtung, die ausgebildet ist, einen Stromfluss zwischen der ersten Spannungsquelle und dem Widerstand zu messen. Wird die Widerstandsmessung mit Gleichstrom ausgeführt, so ist es
30 vorteilhaft, die Spannung an dem ersten und dem zweiten Anschluss des Widerstands konstant zu halten, so dass ein konstanter Stromfluss durch den Widerstand gewährleistet ist. Ferner ist der Einsatz von zwei unabhängigen Spannungsquellen vorteilhaft, da somit die Potenziale an dem Widerstand bekannt sind und sich separat einstellen lassen, so
35 dass Spannungsänderungen nur in dem Teil der Messschaltung vorgenommen werden brauchen, in dem keine Strommessung stattfindet. Da somit der Zweig, in dem die

Strommessung stattfindet, konstant bleibt, ist somit auch die Höhe der Leckströme in der ersten Messung und der zweiten Messung unverändert.

5 Weitere Ausführungsbeispiele beschreiben die erste und/oder die zweite Spannungsquelle als geregelte Spannungsquelle. Dies ist vorteilhaft, da eine geregelte Spannungsquelle ausgebildet ist, konstante und genaue Spannungspegel an dem ersten und dem zweiten Anschluss des Widerstands anzulegen. Insbesondere zwischen der zweiten Spannungsquelle und dem zweiten Anschluss des Widerstands ist somit sichergestellt, dass Leckströme, die in diesem Abschnitt auftreten, die Spannung am zweiten Anschluss des Widerstands nicht beeinflussen.

Weitere Ausführungsbeispiele zeigen die Vorrichtung als integrierte Schaltung. Dies ist vorteilhaft, da somit die gesamte Vorrichtung auf einem Chip bzw. einem Substrat ausgeführt und optional in einem Gehäuse angeordnet werden kann. Die Anschlusselemente stellen dann Kontakte zur Außenwelt, d.h. beispielsweise zu einem extern angeschlossenen Widerstandselement, dessen Widerstandswert gemessen werden soll, dar.

20 Gemäß Ausführungsbeispielen ist der erste Anschluss des Widerstands an zwei Anschlusselemente und der zweite Anschluss des Widerstands an zwei weitere Anschlusselemente kontaktiert bzw. angeschlossen. Dies ermöglicht eine Vierspitzenmessung, die eine Spannungsmessung weitgehend unabhängig vom Übergangswiderstand zwischen den Messspitzen und dem Widerstand erlaubt und eine exakt eingestellte Spannung an dem Widerstand bereitstellt.

25 Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist die Vorrichtung einen Operationsverstärker, einen Transistor, einen Widerstand, einen Messwiderstand sowie die Anschlusselemente auf. Der Operationsverstärker, der Transistor und der Widerstand können zu einer gesteuerten Spannungsquelle kombiniert bzw. verschaltet werden, der Messwiderstand bietet die Möglichkeit zur Stromstärkemessung und die Anschlusselemente stellen einen Kontakt zur Außenwelt bereit. Die gezeigte Anordnung ist vorteilhaft, da diese in einer integrierten Schaltung ausgeführt werden kann.

35 Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel weist die Vorrichtung eine Steuerung auf, die ausgebildet ist, die Verfahrensschritte zur Widerstandsmessung auszuführen, wobei die Ausführung voll automatisch erfolgen kann.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Anmeldung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

5 Fig. 1a eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Messung eines ersten Stromflusses;

Fig. 1b eine schematische Darstellung der Vorrichtung zur Messung eines zweiten Stromflusses;

10 Fig. 1c eine schematische Darstellung der Vorrichtung zur Messung des zweiten Stromflusses gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel;

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Flussdiagramms eines Verfahrens zur leckstromkompensierten Widerstandsmessung;

15

Fig. 3a eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels der Vorrichtung integrierte Schaltung zur Messung des ersten Stromflusses;

20 Fig. 3b eine schematische Darstellung der Vorrichtung als integrierte Schaltung zur Messung des zweiten Stromflusses.

In der nachfolgenden Beschreibung der Figuren werden gleiche oder gleichwirkende Elemente mit den gleichen Bezugszeichen versehen, so dass deren Beschreibung in den unterschiedlichen Ausführungsbeispielen untereinander austauschbar ist.

25

Die vorliegende Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass mit Hilfe eines bestimmten Schaltungskonzepts und der dazugehörigen Messroutine Widerstände unabhängig vom Leckstrom gemessen werden können, selbst wenn dieser größer ist als der Strom durch den Widerstand selbst. Fig. 1a,b,c sowie Fig. 3a, b zeigen Ausführungsbeispiele einer
30 Vorrichtung, die die Widerstandsmessung durchführen kann und anhand derer ein Verfahren zur Widerstandsmessung, das in Fig. 2 gezeigt ist, erläutert wird.

Fig. 1a zeigt eine schematische Darstellung einer Vorrichtung 5 zur leckstromkompensierten Widerstandsmessung. Die Vorrichtung 5 umfasst eine erste Spannungsquelle 10, eine
35 zweite Spannungsquelle 15, und eine Strommessvorrichtung 20. Die erste Spannungsquelle 10 ist ausgebildet, eine erste Spannung $25'$, unabhängig von einem Stromfluss (I_{AM}

bzw. I_R) 45, 50, an einen ersten Anschluss 25 eines Widerstands 30 bereitzustellen. Die zweite Spannungsquelle 15 ist ausgebildet, eine zweite Spannung 35', unabhängig von dem Stromfluss 45, 50, an einen zweiten Anschluss 35 des Widerstands 30 bereitzustellen.

5

Die Strommessvorrichtung 20, beispielsweise ein Amperemeter, ist ausgebildet, den Stromfluss I_{AM} 45 zwischen der ersten Spannungsquelle 10 und dem Widerstand 30 zu messen. Über die zwei, vorzugsweise geregelten, Spannungsquellen 10, 15 lassen sich die Spannungen V_P 25' und V_N 35' an den Knoten P 25 und N 35 des zu messenden Widerstands 30 (R_{Mess}) frei einstellen. Durch den Widerstand R_{Mess} 30 fließt nun der Strom $I_R = (V_P - V_N) / R_{Mess}$, der mit dem Amperemeter 20 (zusammen mit den Leckströmen) gemessen werden kann. Jeglicher Leckstrom ($I_{L1,VDD}, I_{L1,VSS}$) 40a, 40b, beispielsweise Kriechströme oder Fehlerströme, des Netzes P der Spannungsquelle 10 führt somit zu einem Messfehler, da der gemessene Strom I_{AM1} 45 von dem Strom I_{R1} 50 durch den Widerstand R_{Mess} 30 abweicht. Die Abweichung resultiert aus den Fehlerströmen 40a, 40b. Der Strom I_{AM1} wird somit aus $I_{AM1} = I_{R1} - I_{L1,VDD} + I_{L1,VSS}$ bestimmt. Optional ist eine Steuerungsquelle 55 gezeigt, die die Vorrichtung steuert.

10

15

20

25

Fig. 1b bzw. 1c zeigt eine schematische Darstellung der Vorrichtung 5, wie sie bereits in Fig. 1a gezeigt wurde. Abweichend zu Fig. 1a ist die Spannung 35' in Fig. 1b am Anschluss 35, auf die Spannung V_P geregelt, womit die Spannung 35' den gleichen Spannungswert aufweist, wie die Spannung 25' am Anschluss 25. Die Einstellung der zweiten Spannungsquelle auf den Spannungswert der ersten Spannungsquelle ist ein spezielles Ausführungsbeispiel, da generell jegliche Änderung des Spannungswerts 35 eine leckstromkompensierte Widerstandsmessung ermöglicht, wie im Folgenden gezeigt wird.

30

35

So zeigt Fig. 1c abweichend von den Fig. 1a und 1b die Spannung 35' an dem zweiten Anschluss 35, die auf die Spannung V_{N2} geregelt ist. Die Spannung V_{N2} unterscheidet sich dabei von der Spannung V_N (bzw. nachfolgend auch V_{N1}) und ebenso von der Spannung V_P an dem ersten Anschluss 25. In anderen Worten liegt über dem Widerstand 30 eine Spannungsdifferenz an, d.h. insbesondere, dass die Spannung über dem Widerstand 30 nicht Null Volt (0V) beträgt bzw. von Null verschieden ist. Dies ist vorteilhaft, da bei der ersten (vgl. Fig. 1a) und der zweiten Messung (vgl. Fig. 1c) ein Stromfluss 45' vorliegt, der größer ist als die (Summe der) Leckströme 40a,b oder zumindest von diesen abweicht. Somit wird in jeder der beiden Messungen sowohl der Leckstrom als auch ein Strom durch den Widerstand und somit ein Widerstandswert (unter Berücksichtigung der

bekannten anliegenden Spannungen) gemessen. In dem Ausführungsbeispiel aus Fig. 1b wird in der ersten Messung (vgl. Fig. 1a) der eigentlichen Widerstandswert des Widerstands 30 (inklusive _Leckstrom) ermittelt und in der zweiten Messung (vgl. Fig. 1b) nur der Leckstrom gemessen um den in der ersten Messung auftretenden Leckstrom zu kompensieren. In dem Ausführungsbeispiel aus Fig. 1c wird jedoch in beiden Messungen sowohl der Strom durch den Widerstand als auch der Leckstrom gemessen. Hierdurch wird das Signal-Rausch Verhältnis verbessert bzw. der Signal-Rausch Abstand größer bei einer gleichzeitigen Reduzierung der Messzeit. Somit kann eine weitere Messung zur Mittelung bzw. zum Ausgleichen des Rauschens vermieden werden.

Ferner sind in Fig. 1b und 1c, wie bereits in Fig. 1a, beispielhaft an zwei Stellen innerhalb der Messschaltung beliebige Leckströme 40a-d nach VDD (positive Versorgungsspannung) und VSS (negative Versorgungsspannung, beispielsweise Masse) eingezeichnet. Jeglicher Leckstrom 40a-d, egal welchen Ursprungs, hat die gleiche Auswirkung und kann mit der beschriebenen Vorrichtung 5 und dem nachfolgend beschriebenen Messverfahren ebenfalls berücksichtigt werden. Prinzipbedingt wirken sich nur die Leckströme 40a,b aus, die an dem Netz P angreifen, d.h. zwischen der ersten Spannungsquelle 10 und dem Widerstand 30 liegen. Die Leckströme 40c,d, die das Netz N betreffen, d.h. zwischen der zweiten Spannungsquelle 15 und dem Messwiderstand 30 liegen, werden durch die geregelte Spannungsquelle 15 ausgeglichen.

Allgemein fließt durch das Amperemeter 20 der Strom $I_{AM2} = I_{R2} - I_{L1,VDD} + I_{L1,VSS}$, wobei im speziellen Ausführungsbeispiel aus Fig. 1b, der Strom $I_{R2} = 0A$ beträgt. Allgemein lässt sich Widerstand R_{Mess} somit wie folgt berechnen: $R_{Mess} = [(VP-VN1)-(VP-VN2)] / (I_{AM1}-I_{AM2})$, also Spannungsdifferenz beider Messungen durch die Stromdifferenz beider Messungen ($\Delta V / \Delta I$). VN1 ist die Spannung 35', die während der ersten Messung am Anschluss N 35 anliegt und VN2 ist die Spannung 35', die während der zweiten Messung am Anschluss N 35 anliegt. In Ausführungsbeispielen kann die Spannung VN2 gleich der Spannung VP sein. In anderen Worten wird der zweite Stromfluss 45' von dem ersten Stromfluss 45 subtrahiert, um einen kompensierten ersten Stromfluss ($I_{AM1}-I_{AM2}$) zu erhalten. Ferner wird eine messungsübergreifende Spannungsdifferenz $[(VP-VN1)-(VP-VN2)]$ aus einer zweiten Spannungsdifferenz, die beim Messen des zweiten Stromflusses 45' über dem Widerstand 30 anliegt, und einer ersten Spannungsdifferenz, die beim Messen des ersten Stromflusses 45 über dem Widerstand 30 anliegt berechnet. Um den Widerstandswert des Messwiderstands zu erhalten, wird die messungsübergreifenden Spannungsdifferenz durch den kompensierten Stromfluss geteilt.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines Flussdiagramms eines Verfahrens 200 zur leckstromkompensierten Widerstandsmessung, mit dem die Vorrichtung 5 betrieben werden kann. Das Verfahren umfasst einen Schritt 205, in dem eine erste Spannung 25' der ersten Spannungsquelle 10 an den ersten Anschluss 25 des Widerstands 30 angelegt wird, und einen Schritt 210, in dem eine zweite Spannung, die sich von der ersten Spannung unterscheidet, der zweiten Spannungsquelle 15 an dem zweiten Anschluss 35 des Widerstands 30 angelegt wird. Im Anschluss wird in Schritt 215 ein erster Stromfluss 45 zwischen der ersten Spannungsquelle 10 und dem ersten Anschluss 25 des Widerstands 30 gemessen. In einem Schritt 220 wird die zweite Spannungsquelle 15 nach dem Messen des ersten Stromflusses 45 derart eingestellt, dass die zweite Spannung 35' einen sich von dem vorigen Spannungswert unterscheidenden Spannungswert aufweist. Optional wird die Spannungsquelle dabei derart eingestellt, dass die zweite Spannung 35' den Spannungswert der ersten Spannung 25' aufweist. In Schritt 225 wird nun ein zweiter Stromfluss 45' zwischen der ersten Spannungsquelle 10 und dem ersten Anschluss 25 des Widerstands gemessen. Basierend auf den beiden Messungen wird in Schritt 230 der Widerstandswert des Widerstands 30 basierend auf einem, durch den zweiten Stromfluss 45' kompensierten Stromfluss berechnet.

Das Berechnen des Widerstandswerts in Schritt 225 umfasst das Subtrahieren des zweiten Stromflusses 45' von dem ersten Stromfluss 45, um den kompensierten ersten Stromfluss 50 zu erhalten (Schritt 235), das Subtrahieren einer zweiten Spannungsdifferenz, die beim Messen des zweiten Stromflusses 45' über dem Widerstand 30 anliegt, von einer ersten Spannungsdifferenz, die beim Messen des ersten Stromflusses 45 über dem Widerstand 30 anliegt, um eine messungsübergreifende Spannungsdifferenz zu erhalten (Schritt 240) und das Dividieren der messungsübergreifenden Spannungsdifferenz durch den kompensierten Stromfluss 50 (Schritt 245).

Gemäß Ausführungsbeispielen wird der erste Anschluss 25 des Widerstands 30 an zwei Anschlusselemente 80a,b sowie der zweite Anschluss 35 des Widerstands 30 an zwei weitere Anschlusselemente 80c,d angeschlossen. Dies ermöglicht eine Vierpunkt- bzw. eine Vierspitzenmessung an den Anschlüssen des Widerstands durchzuführen, die eine exakt eingestellte Spannung 25' am ersten Anschluss 25 und eine exakt eingestellte Spannung 25' oder 35' am zweiten Anschluss 35 des Widerstands 30 bereitstellt.

In anderen Worten wird die Spannung über dem Widerstand 30 verändert, ohne dass die Potenziale im Messzweig, d.h. zwischen der Spannungsquelle 10 und dem Widerstand 30 verändert werden. Hierdurch fließt durch den Widerstand 30 ein abweichender Strom, jedoch bleiben die Leckströme 40a,b, die von ihren Potenzialen abhängig sind, konstant und werden durch die Subtraktion des ersten gemessenen Stroms 45 vom zweiten gemessenen Strom 45' herausgerechnet. Dies kann erreicht werden, indem der Anschluss 25 des Widerstands 30, der mit dem Amperemeter 20 verbunden ist, sein Potenzial nicht ändert (Anschluss P 25 bleibt auf Spannung VP), der zweite Anschluss 35 des Widerstands 30 (N) wird jetzt auch auf die Spannung VP (oder einen anderen Spannungswert) geregelt. Die Leckströme $I_{L2,VDD}$ 40c und $I_{L2,VSS}$ 40d ändern sich durch das neue Potenzial. Dies hat auf die Messung der Ströme I_{AM1} 45 und I_{AM2} 45' jedoch keinen Einfluss, da diese Leckströme durch die geregelte Spannungsquelle N 15 ausgeglichen werden. Gemäß eines Ausführungsbeispiels beträgt die Spannung über dem Widerstand 30 null Volt und es fließt somit kein Strom 50 durch den Widerstand 30 und der Strom 45' durch das Amperemeter 20 entspricht exakt dem Leckstrom 40a, 40b und kann direkt gemessen werden. Die eigentliche Widerstandsmessung kann nun mit der Leckstrommessung (zweiter Stromfluss 45') korrigiert werden und man erhält den Leckstrom-freien Strom durch den Widerstand 30. Der Widerstand R_{Mess} 30 lässt sich mit $(VP-VN)/(I_{AM1}-I_{AM2})$ berechnen. Die Verfahrensschritte zur leckstromfreien Widerstandsmessung können mit der Steuerung 55 automatisiert ausgeführt werden. Weitere Ausführungsbeispiele zeigen die Regelung der Spannung VN auf einen beliebigen, von dem vorher eingestellten Spannungswert abweichenden Spannungswert. Der Widerstand R_{Mess} 30 ergibt sich dann allgemein aus $[(VP-VN1)-(VP-VN2)]/(I_{AM1}-I_{AM2})$, wobei $VN1 \neq VN2$ gilt und VP konstant bleibt.

Auch in integrierten Schaltungen spielt der Leckstrom eine entscheidende Rolle. Eine Möglichkeit, zwei geregelte Spannungsquellen und einen Amperemeter CMOS integriert zu realisieren, ist in den folgenden Fig. 3a, b gezeigt. Es gibt eine Vielzahl weiterer Schaltungsmöglichkeiten, die hier jedoch nicht explizit aufgeführt werden.

Die Fig. 3a und 3b zeigen ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung 5, die bereits allgemein in Fig. 1a und 1b gezeigt wurde. Das Messverfahren, das in Fig. 2 beschrieben wurde, kann hierauf ebenfalls angewendet werden.

Fig. 3a und 3b zeigen eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels der Vorrichtung 5, die als integrierte Schaltung zur Messung des ersten Stromflusses ausgebildet sein kann. Die erste Spannungsquellen 10 und die zweite Spannungsquelle 15 aus Fig. 1

sind mittels Operationsverstärker 60 bzw. 60', Transistor 67 bzw. 67' und Widerstand 70 bzw. 70' realisiert. Der Operationsverstärker (OPV) 60 bzw. 60' misst die Spannung VP 25' bzw. VN 35' und regelt diese mit Hilfe des Transistors 67 bzw. 67' und des Widerstands 70 bzw. 70' auf den gewünschten Wert innerhalb der von VDD 65 und VSS 75 vorgegebenen Spannungsgrenzen. Zur Durchführung der ersten Messung ist der OPV 60 der ersten Spannungsquelle 10 ausgebildet, die Spannung am Knoten 25 auf einen eingestellten Spannungswert VP 25' zu regeln. Ebenso ist der OPV 60' in der Spannungsquelle 15 ausgebildet, die Spannung am Knoten 35 auf einen eingestellten Spannungswert VN 35' zu regeln. Zur Durchführung der zweiten Messung werden die Operationsverstärker 60 und 60' derart angesteuert, dass sie die positive Versorgungsspannung 65 auf den Spannungswert VP 25 regeln.

Die Ausführung der Spannungsquellen 10 und 15 ist ferner nur beispielhaft zu sehen und kann ebenfalls eine andere bzw. auch eine deutlich komplexere Schaltung aufweisen. Der Strom 45 bzw. 45' aus der ersten Spannungsquelle 10 (I_{Shunt1}) kann über einen Shunt (dt.: Messwiderstand) gemessen werden, indem ein Spannungsabfall über dem Messwiderstand 80, beispielsweise mit einem Voltmeter (nicht gezeigt), gemessen wird. Das Ausführungsbeispiel zeigt ferner Anschlusselemente 80a,b, die eine Anschlussmöglichkeit bzw. einen Kontakt für den Anschluss 25 ausführen, sowie Anschlusselemente 80c, 80d, die Kontakte für den Anschluss 35 ausführen.

Ausführungsbeispiele, wie auch geeignete Modifikationen derselben, können vorteilhafter als integrierte Schaltung ausgeführt sein. Somit kann die Vorrichtung 5 auf einem Chip oder einem Substrat realisiert und z. B. in einem Gehäuse als eigenständiger bzw. integrierter Baustein ausgeführt sein. Die Anschlusselemente ermöglichen den Kontakt der Vorrichtung zu einem externen Widerstandsbauelement bzw. Bauteilen oder Schaltungen, deren Widerstand gemessen werden soll.

Die Anschlusselemente 80a-d können Pads sein, die beispielsweise in der CMOS-Technologie zum Anschluss von externen Messgeräten, Spannungsquellen, etc. genutzt werden. In Fig. 3a und 3b ist gezeigt, dass das Anschlusselement 80a ausgebildet ist, die Spannungsversorgung der Spannungsquelle 10 an den Anschluss 25 des Messwiderstands 30 anzulegen, wobei ferner das Anschlusselement 80b ausgebildet ist, eine Rückführung der am Anschluss 25 angelegte Spannung 25' zur Spannungsquelle 10 zu ermöglichen, wodurch die Spannungsquelle 10 eine Spannungsregelung durchführen kann. Äquivalent zu den Anschlusselementen 80a, 80b sind am Anschluss 35 die Anschlus-

selemente 80d, 80c ausgeführt, die ebenfalls die Spannung der Spannungsquelle 15 an den Anschluss 35 anlegen, sowie eine Rückführung der am Anschluss 35 angelegten Spannung 35' zur Spannungsquelle 15 ermöglichen.

5 Über die zwei geregelten Operationsverstärker 60, 60' lassen sich die Spannungen VP und VN am zu messenden Widerstand R_{Mess} frei einstellen. Durch R_{Mess} 30 fließt nun der Strom 50, $I_R = (VP - VN) / R_{\text{Mess}}$. Da mittels des Shunts 80 jedoch der Strom 45 gemessen wird, wird jeglicher Leckstrom des Netzes P, das heißt zwischen der Spannungsquelle 10 und dem Widerstand 30, zu einem Messfehler, da durch den Widerstand 30 der Strom I_R
10 50 fließt. Beispielfhaft sind in Abb. 3 die Leckströme 80a-80d berücksichtigt, wobei jeglicher Leckstrom, egal welchen Ursprungs, die gleiche Auswirkung hat und mit dem beschriebenen Messverfahren und der beschriebenen Vorrichtung ebenfalls berücksichtigt werden kann.

15 Bezüglich Fig. 3b ist ein Ausführungsbeispiel gezeigt, dass, äquivalent zu Fig. 1b zeigt, dass die Spannung über dem Widerstand 30 zu null gesetzt wird, ohne das Potential 25', das heißt den Zweig der Spannungsquelle 10, zu verändern. Wie bereits mehrfach beschrieben ist dies jedoch ein Spezialfall einer Änderung der Spannung 35 auf einen beliebigen Wert, der sich von dem vorher eingestellten Wert unterscheidet. Die Ausführungen zu dem allgemeinen Ausführungsbeispiel wurden gemäß Fig. 1b und Fig. 2 bereits erläutert und gelten ferner auch für Fig. 3b. Wird die Spannung über dem Widerstand 30 derart
20 geändert, dass über dem Widerstand eine Spannungsdifferenz von 0V vorliegt, fließt durch den Widerstand kein Strom und die Leckströme 80a, 80b bleiben konstant im Vergleich zur vorherigen Messung und können direkt gemessen werden.

25 Dies wird erreicht, indem die Werte bzw. der Anschluss 25 des Widerstands 30, der mit dem Shunt 80 verbunden ist, sein Potenzial nicht ändert (Anschluss P 25 bleibt auf VP), die andere Seite bzw. der andere Anschluss 35 des Widerstands 30 wird auch auf das Potenzial VP geregelt bzw. eingestellt. Die Leckströme $I_{LP3,VDD}$, $I_{LP3,VSS}$, $I_{LP4,VDD}$ und $I_{LP4,VSS}$
30 ändern sich durch das neue Potenzial. Dies hat auf die Messung jedoch keinen Einfluss, da diese Leckströme durch die geregelte Spannungsquelle 15 ausgeglichen werden.

Da die Spannung über dem Widerstand nun null Volt beträgt, fließt somit kein Strom durch den Widerstand und der Strom durch den Shunt 80 entspricht nun exakt dem Leckstrom und kann gemessen werden. Die eigentliche Widerstandsmessung kann nun mit
35 der Leckstrommessung korrigiert werden, so dass man den leckstromfreien Strom durch

den Widerstand 30 erhält. Der Widerstand 30 R_{Mess} lässt sich mit $(V_P - V_N)/(I_{\text{Shunt1}} - I_{\text{Shunt2}})$ berechnen.

5 Mit dem erfindungsgemäßen Schaltungskonzept und der dazugehörigen Messroutine können Widerstände unabhängig vom Leckstrom der Schaltung gemessen werden. Dies gelingt selbst, wenn der Leckstrom größer ist als der Strom durch den Widerstand.

10 Es ist anzumerken, dass auch die Ausführungsbeispiele der Fig. 3a und 3b analog gemäß dem Ausführungsbeispiel aus Fig. 1c abgewandelt werden können. Somit kann insbesondere ein Spannungsabfall über dem zu messenden Widerstand in beiden Messungen ungleich 0V sein.

Obwohl manche Aspekte im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, versteht es sich, dass diese Aspekte auch eine Beschreibung des entsprechenden Ver-
15 fahrens darstellen, sodass ein Block oder ein Bauelement einer Vorrichtung auch als ein entsprechender Verfahrensschritt oder als ein Merkmal eines Verfahrensschrittes zu verstehen ist. Analog dazu stellen Aspekte, die im Zusammenhang mit einem oder als ein Verfahrensschritt beschrieben wurden, auch eine Beschreibung eines entsprechenden Blocks oder Details oder Merkmals einer entsprechenden Vorrichtung dar. Einige oder
20 alle der Verfahrensschritte können durch einen Hardware-Apparat (oder unter Verwendung eines Hardware-Apparats), wie zum Beispiel einen Mikroprozessor, einen programmierbaren Computer oder einer elektronischen Schaltung durchgeführt werden. Bei einigen Ausführungsbeispielen können einige oder mehrere der wichtigsten Verfahrensschritte durch einen solchen Apparat ausgeführt werden.

25

Je nach bestimmten Implementierungsanforderungen können Ausführungsbeispiele der Erfindung in Hardware oder in Software implementiert sein. Die Implementierung kann unter Verwendung eines digitalen Speichermediums, beispielsweise einer Floppy-Disk, einer DVD, einer BluRay Disc, einer CD, eines ROM, eines PROM, eines EPROM, eines
30 EEPROM oder eines FLASH-Speichers, einer Festplatte oder eines anderen magnetischen oder optischen Speichers durchgeführt werden, auf dem elektronisch lesbare Steuersignale gespeichert sind, die mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenwirken können oder zusammenwirken, dass das jeweilige Verfahren durchgeführt wird. Deshalb kann das digitale Speichermedium computerlesbar sein.

35

Manche Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung umfassen also einen Datenträger, der elektronisch lesbare Steuersignale aufweist, die in der Lage sind, mit einem pro-

grammier-baren Computersystem derart zusammenzuwirken, dass eines der hierin beschriebenen Verfahren durchgeführt wird.

5 Allgemein können Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung als Computerprogrammprodukt mit einem Programmcode implementiert sein, wobei der Programmcode dahin gehend wirksam ist, eines der Verfahren durchzuführen, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer abläuft.

10 Der Programmcode kann beispielsweise auch auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert sein.

Andere Ausführungsbeispiele umfassen das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren, wobei das Computerprogramm auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist. Mit anderen Worten ist ein Ausführungsbeispiel des
15 erfindungsgemäßen Verfahrens somit ein Computerprogramm, das einen Programmcode zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufweist, wenn das Computerprogramm auf einem Computer abläuft.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verfahren ist somit ein Datenträger (oder ein digitales Speichermedium oder ein computerlesbares Medium), auf dem
20 das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufgezeichnet ist.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens ist somit ein Datenstrom oder eine Sequenz von Signalen, der bzw. die das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren darstellt bzw. darstellen. Der Datenstrom oder die Sequenz von Signalen kann bzw. können beispielsweise dahin gehend konfiguriert sein, über eine Datenkommunikationsverbindung, beispielsweise über das Internet, transferiert zu werden.
30

Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst eine Verarbeitungseinrichtung, beispielsweise einen Computer oder ein programmierbares Logikbauelement, die dahin gehend konfiguriert oder angepasst ist, eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen.

35 Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst einen Computer, auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren installiert ist.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung umfasst eine Vorrichtung oder ein System, die bzw. das ausgelegt ist, um ein Computerprogramm zur Durchführung zumindest eines der hierin beschriebenen Verfahren zu einem Empfänger zu übertragen. Die Übertragung kann beispielsweise elektronisch oder optisch erfolgen. Der Empfänger kann
5 beispielsweise ein Computer, ein Mobilgerät, ein Speichergerät oder eine ähnliche Vorrichtung sein. Die Vorrichtung oder das System kann beispielsweise einen Datei-Server zur Übertragung des Computerprogramms zu dem Empfänger umfassen.

Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein programmierbares Logikbauelement (beispielsweise ein feldprogrammierbares Gatterarray, ein FPGA) dazu verwendet werden, manche oder alle Funktionalitäten der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein feldprogrammierbares Gatterarray mit einem Mikroprozessor zusammenwirken, um eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Allgemein werden die Verfahren bei einigen Ausführungsbeispielen seitens einer
10 beliebigen Hardwarevorrichtung durchgeführt. Diese kann eine universell einsetzbare Hardware wie ein Computerprozessor (CPU) sein oder für das Verfahren spezifische Hardware, wie beispielsweise ein ASIC.
15

Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den Schutzbereich der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele
20
25 hierin präsentiert wurden, beschränkt sei.

Patentansprüche

1. Verfahren (200) zur leckstromkompensierten Widerstandsmessung mit:

5

Anlegen einer ersten Spannung (25') einer ersten Spannungsquelle (10) an einen ersten Anschluss (25) eines Widerstands (30);

10

Anlegen einer zweiten Spannung (35'), die sich von der ersten Spannung (25') unterscheidet, einer zweiten Spannungsquelle (15) an einen zweiten Anschluss (35) des Widerstands (30);

15

Messen eines ersten Stromflusses (45) zwischen der ersten Spannungsquelle (10) und dem ersten Anschluss (25) des Widerstands (30);

20

Einstellen der zweiten Spannungsquelle (15) nach dem Messen des ersten Stromflusses derart, dass die zweite Spannung (35') einen sich von dem vorigen Spannungswert unterscheidenden Spannungswert aufweist;

25

Messen eines zweiten Stromflusses (45') zwischen der ersten Spannungsquelle (10) und dem ersten Anschluss (25) des Widerstands (30);

Berechnen eines Widerstandswerts des Widerstands (30) basierend auf einem, durch den zweiten Stromfluss (45'), kompensierten ersten Stromfluss und einer messungsübergreifenden Spannungsdifferenz aus einer zweiten Spannungsdifferenz, die beim Messen des zweiten Stromflusses (45') über dem Widerstand (30) anliegt und einer ersten Spannungsdifferenz, die beim Messen des ersten Stromflusses (45) über dem Widerstand (30) anliegt.

30

2. Verfahren (200) gemäß Anspruch 1, wobei das Berechnen des Widerstandswerts folgende Schritte umfasst:

35

Subtrahieren des zweiten Stromflusses (45') von dem ersten Stromfluss (45), um den kompensierten Stromfluss zu erhalten;

Subtrahieren einer zweiten Spannungsdifferenz, die beim Messen des zweiten Stromflusses (45') über dem Widerstand (30) anliegt, von einer ersten Spannungsdifferenz, die beim Messen des ersten Stromflusses (45) über dem Wider-

stand (30) anliegt, um eine messungsübergreifende Spannungsdifferenz zu erhalten;

Dividieren der messungsübergreifenden Spannungsdifferenz durch den kompensierten Stromfluss.

3. Verfahren (200) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Anschluss (25, 35) des Widerstands (30) an einem Anschlusselement (80a, 80b, 80c, 80d) kontaktiert ist.

4. Verfahren (200) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, mit Anschließen des ersten Anschlusses (25) des Widerstands (30) an zwei Anschlusselemente (80a, 80b) und Anschließen des zweiten Anschlusses (35) des Widerstands (30) an zwei weitere Anschlusselemente (80c, 80d).

5. Ausführung der Verfahrensschritte gemäß einem der vorherigen Ansprüche mit einer Steuerungseinheit (55).

6. Vorrichtung (5) zur leckstromkompensierten Widerstandsmessung mit:

einer ersten Spannungsquelle (10), die ausgebildet ist, eine erste Spannung (25'), unabhängig von einem Stromfluss (45, 45', 50) an einem ersten Anschluss (25) eines Widerstands (30) bereitzustellen;

einer zweiten Spannungsquelle (15), die ausgebildet ist, eine zweite Spannung (35') unabhängig von einem Stromfluss (45, 45', 50), an einem zweiten Anschluss (35) des Widerstands (30) bereitzustellen;

einer Strommessvorrichtung (20, 80), die ausgebildet ist, einen Stromfluss (45, 45') zwischen der ersten Spannungsquelle (10) und dem Widerstand (30) zu messen; und

einer Steuerungseinheit (55), die ausgebildet ist, einen Widerstandswert des Widerstands (30) basierend auf einem, durch den zweiten Stromfluss (45'), kompensierten ersten Stromfluss und einer messungsübergreifenden Spannungsdifferenz aus einer zweiten Spannungsdifferenz, die beim Messen des zweiten Stromflusses (45') über dem Widerstand (30) anliegt und einer ersten Spannungsdifferenz,

die beim Messen des ersten Stromflusses (45) über dem Widerstand (30) anliegt, zu berechnen.

- 5 7. Vorrichtung (5) gemäß Anspruch 6, wobei die erste und/oder die zweite Spannungsquelle (10, 15) als geregelte Spannungsquelle ausgebildet ist.
8. Vorrichtung (5) gemäß Anspruch 6 oder 7, wobei die Vorrichtung (5) als integrierte Schaltung ausgebildet ist.
- 10 9. Vorrichtung (5) gemäß einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei der Anschluss (25, 35) des Widerstands (30) an einem Anschlusselement (80a-80d) kontaktiert ist.
- 15 10. Vorrichtung (5) gemäß einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei der erste Anschluss (25) des Widerstands (30) an zwei Anschlusselemente (80a, 80b) und der zweite Anschluss (35) des Widerstands (30) an zwei weitere Anschlusselemente (80c, 80d) kontaktiert ist.
- 20 11. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 6 bis 10, mit der Steuerungseinheit (55), die ausgebildet ist, Verfahrensschritte gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5 auszuführen.

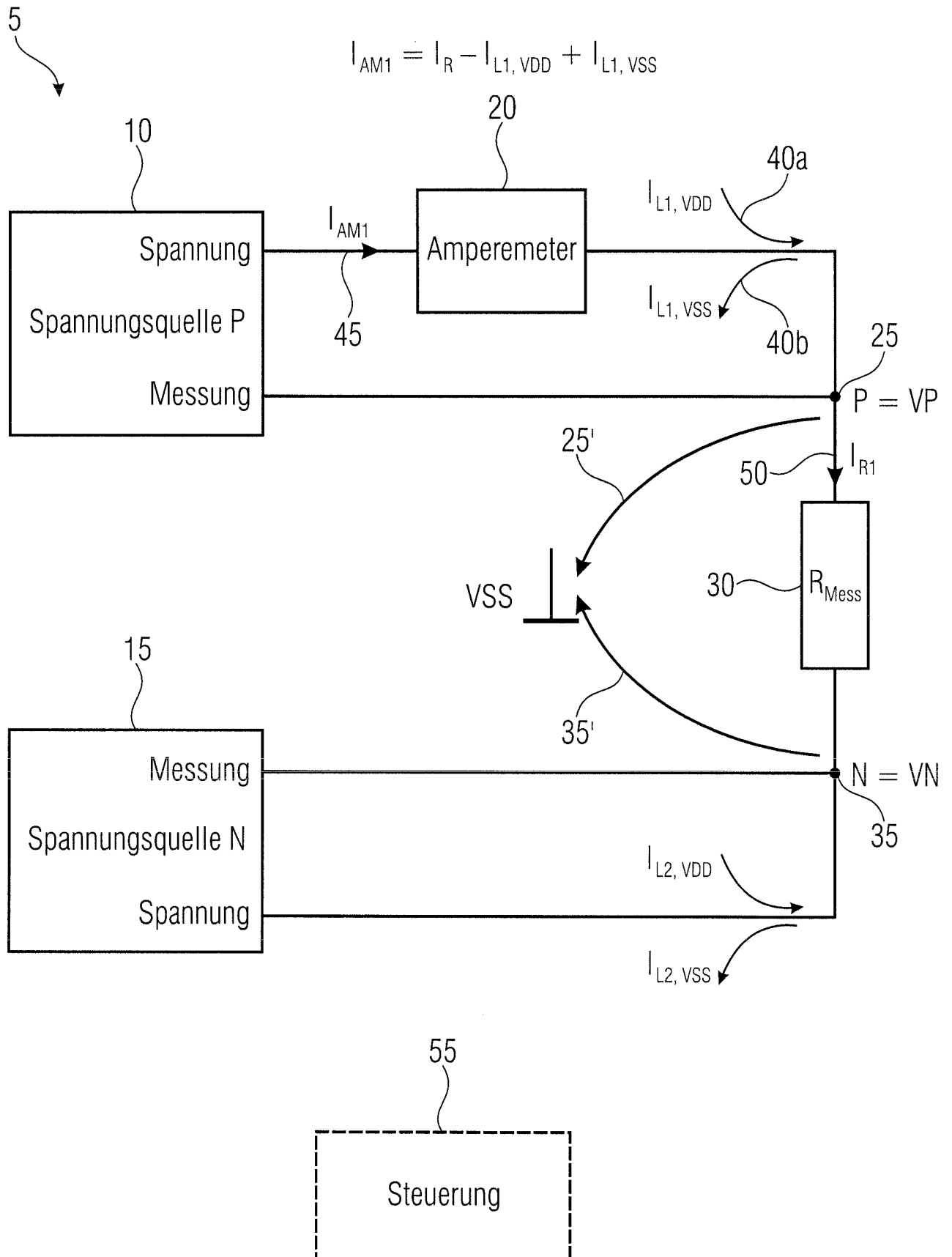


FIG 1A

2/6

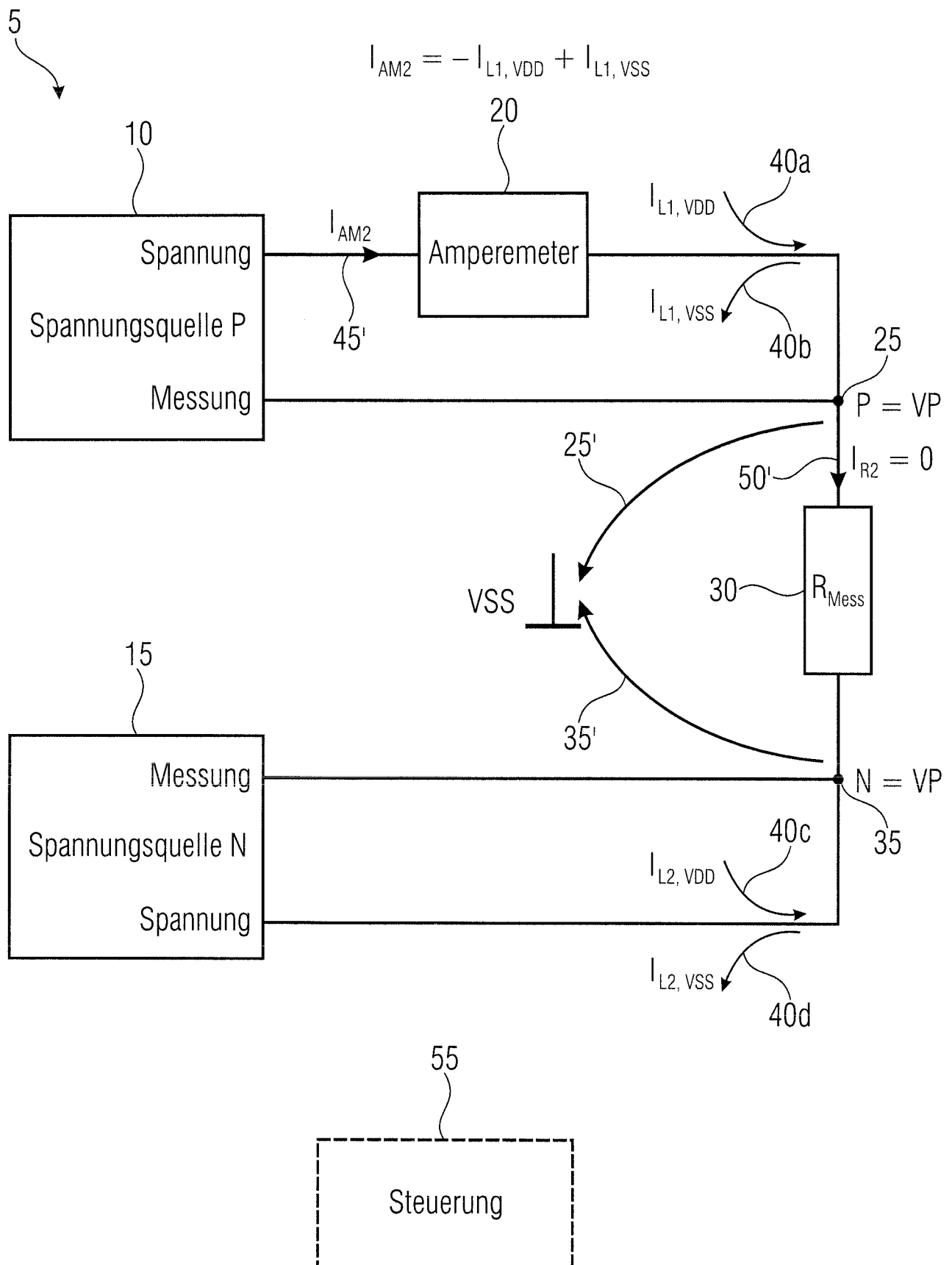


FIG 1B

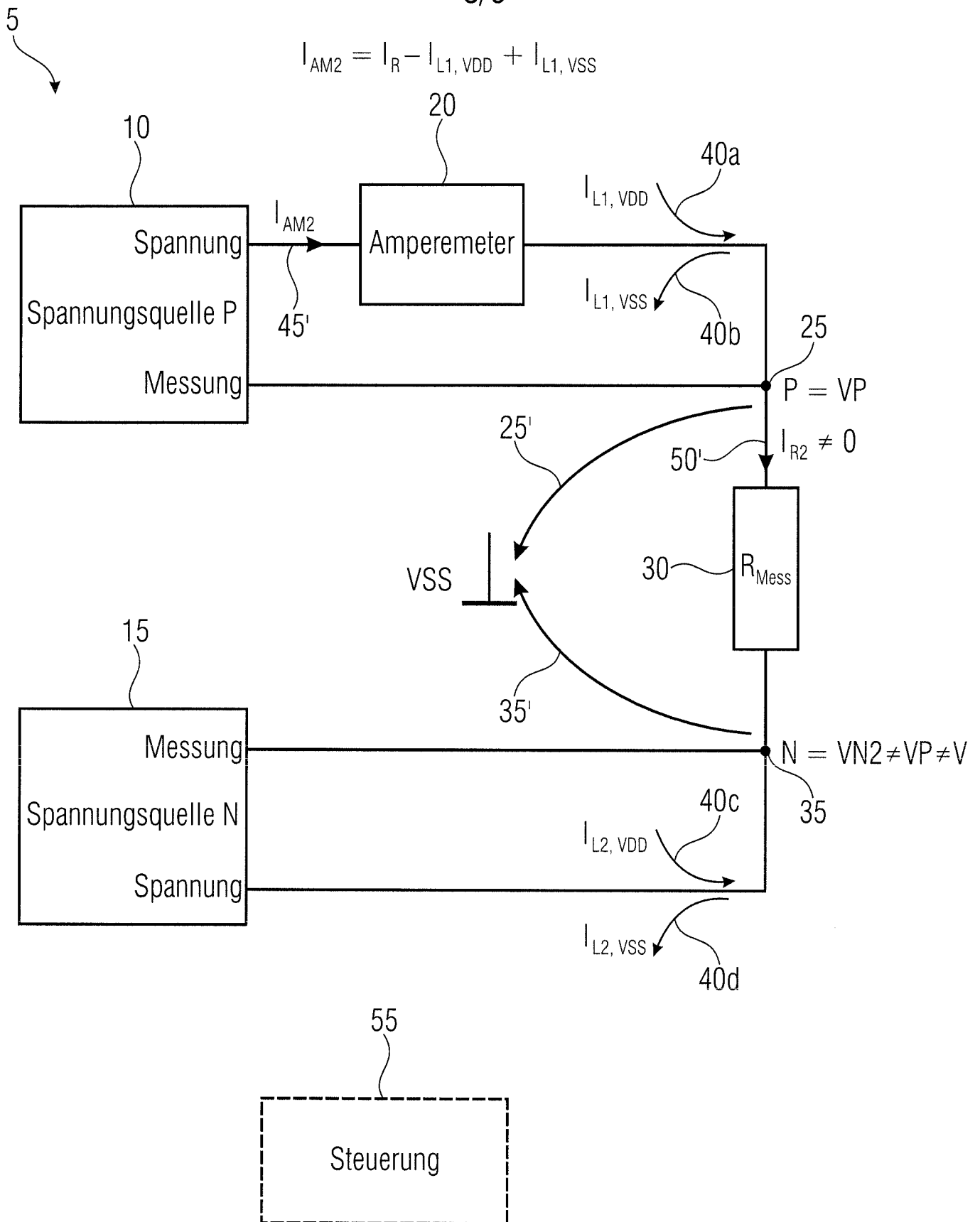


FIG 1C

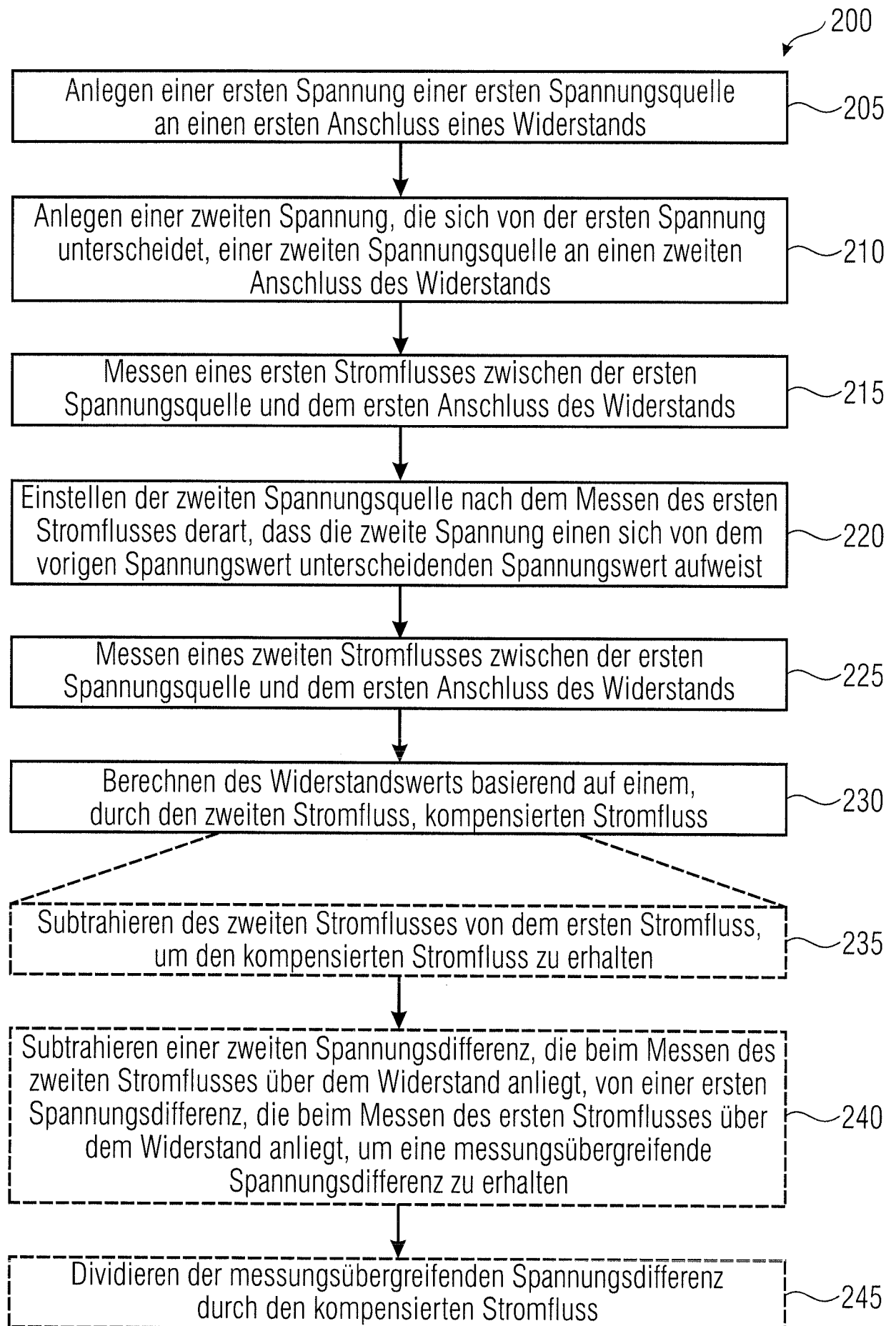


FIG 2

5/6

$$I_{\text{Shunt1}} = I_R - I_{\text{LP1, VDD}} + I_{\text{LP1, VSS}} - I_{\text{LP2, VDD}} + I_{\text{LP2, VSS}}$$

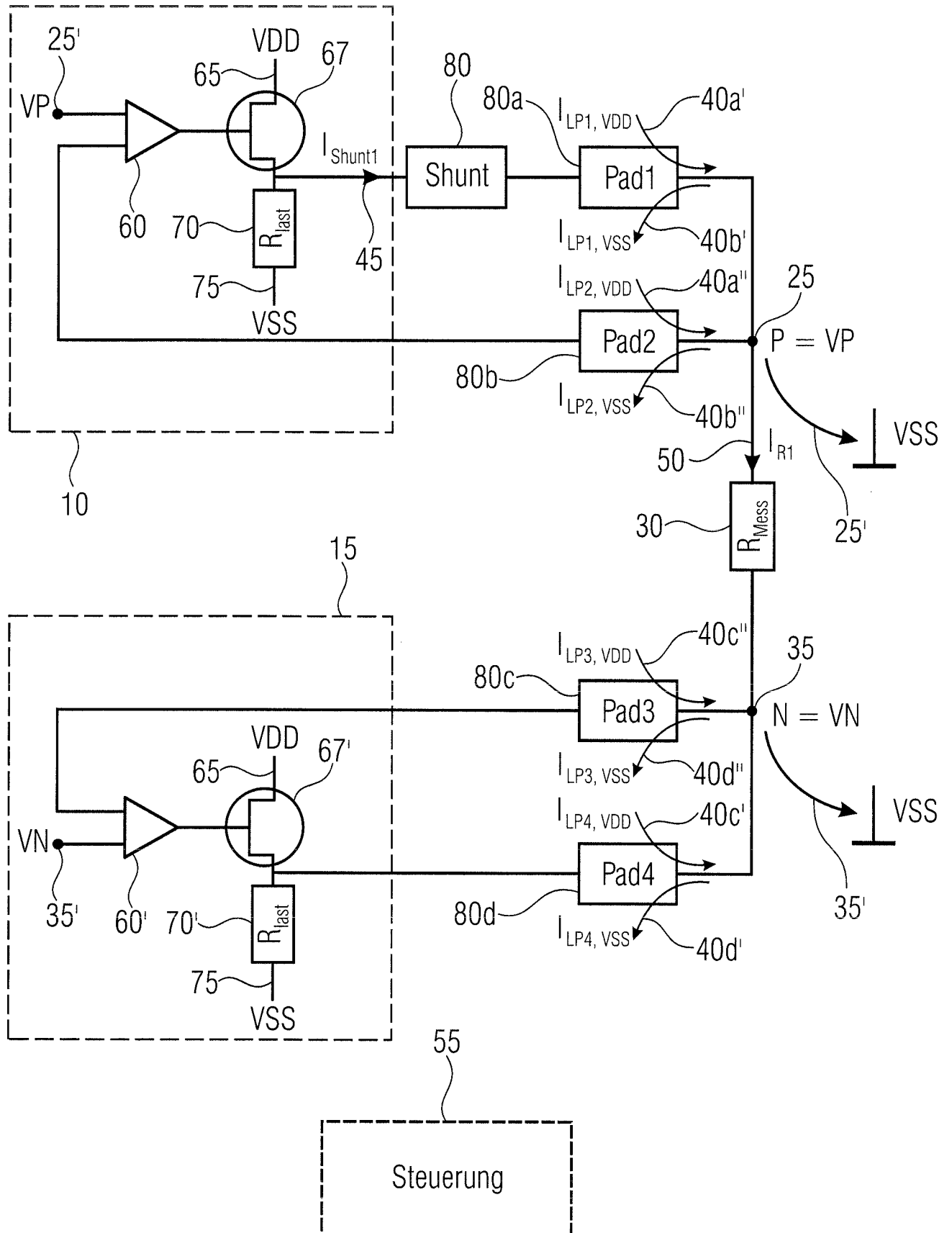


FIG 3A

6/6

$$I_{\text{Shunt2}} = -I_{\text{LP1, VDD}} + I_{\text{LP1, VSS}} - I_{\text{LP2, VDD}} + I_{\text{LP2, VSS}}$$

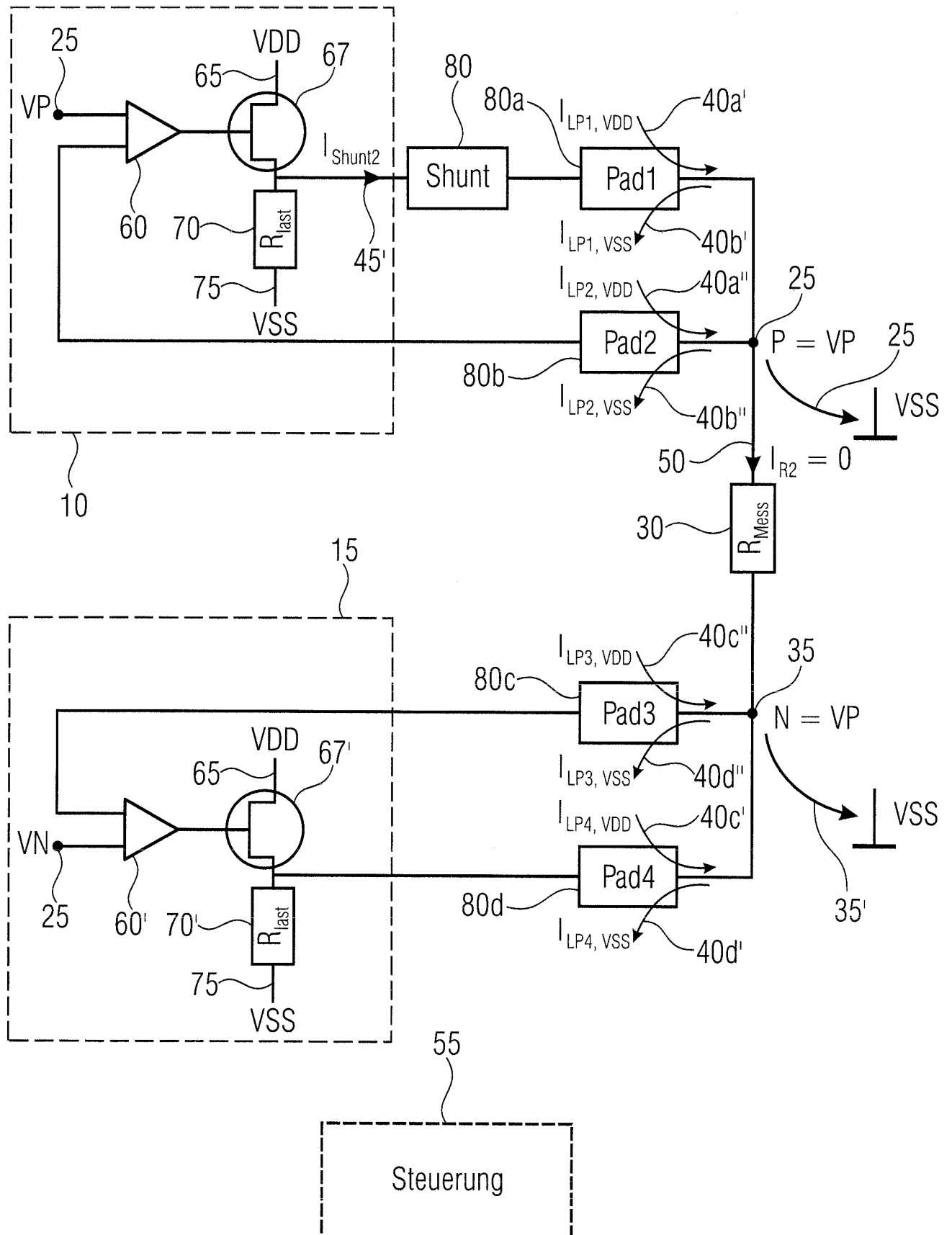


FIG 3B

FIGUR ZUR ZUSAMMENFASSUNG

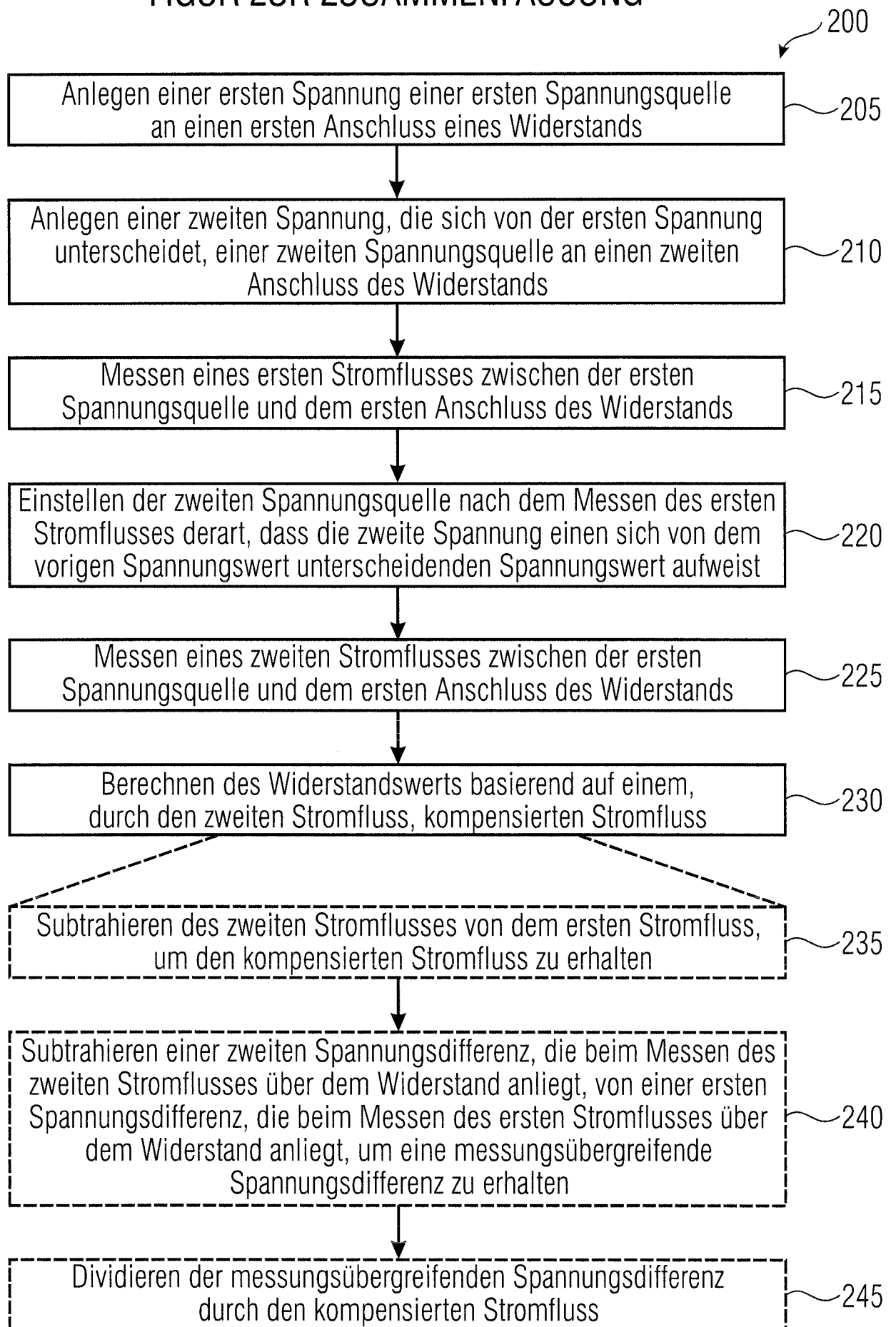


FIG 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/054572

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01R27/08 G01R27/14
ADD.

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)
G01R

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)

EP0-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	DE 10 2007 020502 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 6 November 2008 (2008-11-06) abstract; figures 1-2 paragraphs [0001], [0003] - [0009], [0012] - [0013], [0015], [0021] - [0024], [0026] - [0031], [0033] -----	1-11
A	US 2013/038340 A1 (MASUDA NORIYUKI [JP]) 14 February 2013 (2013-02-14) abstract; figures 1,4 paragraphs [0001], [0004] - [0005], [0017] - [0043], [0048] - [0050], [0053] - [0057] ----- -/--	1-11



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

27 May 2016

Date of mailing of the international search report

06/06/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Maric, Viktor

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/054572

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 112 504 A1 (SIEMENS AG [DE]) 4 July 2001 (2001-07-04) abstract; figure 1 paragraphs [0001], [0011], [0012], [0018], [0021], [0027], [0029] - [0037] -----	1-11
A	JP H07 287039 A (FUJITSU LTD) 31 October 1995 (1995-10-31) abstract; figures 1,2,8 paragraphs [0010] - [0029], [0031], [0041] - [0042] -----	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/054572

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102007020502 A1	06-11-2008	NONE	

US 2013038340 A1	14-02-2013	KR 20120139795 A	27-12-2012
		TW 201142312 A	01-12-2011
		US 2013038340 A1	14-02-2013
		WO 2011151856 A1	08-12-2011

EP 1112504 A1	04-07-2001	DE 59902212 D1	05-09-2002
		EP 1112504 A1	04-07-2001
		JP 4038022 B2	23-01-2008
		JP 2002524742 A	06-08-2002
		US 2001052777 A1	20-12-2001
		WO 0014555 A1	16-03-2000

JP H07287039 A	31-10-1995	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/054572

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01R27/08 G01R27/14
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G01R

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)

EP0-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	DE 10 2007 020502 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 6. November 2008 (2008-11-06) Zusammenfassung; Abbildungen 1-2 Absätze [0001], [0003] - [0009], [0012] - [0013], [0015], [0021] - [0024], [0026] - [0031], [0033] -----	1-11
A	US 2013/038340 A1 (MASUDA NORIYUKI [JP]) 14. Februar 2013 (2013-02-14) Zusammenfassung; Abbildungen 1,4 Absätze [0001], [0004] - [0005], [0017] - [0043], [0048] - [0050], [0053] - [0057] ----- -/--	1-11



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



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

27. Mai 2016

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

06/06/2016

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Maric, Viktor

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/054572

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 112 504 A1 (SIEMENS AG [DE]) 4. Juli 2001 (2001-07-04) Zusammenfassung; Abbildung 1 Absätze [0001], [0011], [0012], [0018], [0021], [0027], [0029] - [0037] -----	1-11
A	JP H07 287039 A (FUJITSU LTD) 31. Oktober 1995 (1995-10-31) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,8 Absätze [0010] - [0029], [0031], [0041] - [0042] -----	1-11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/054572

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102007020502 A1	06-11-2008	KEINE	

US 2013038340 A1	14-02-2013	KR 20120139795 A	27-12-2012
		TW 201142312 A	01-12-2011
		US 2013038340 A1	14-02-2013
		WO 2011151856 A1	08-12-2011

EP 1112504 A1	04-07-2001	DE 59902212 D1	05-09-2002
		EP 1112504 A1	04-07-2001
		JP 4038022 B2	23-01-2008
		JP 2002524742 A	06-08-2002
		US 2001052777 A1	20-12-2001
		WO 0014555 A1	16-03-2000

JP H07287039 A	31-10-1995	KEINE	
