

(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
 5. Januar 2017 (05.01.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/001510 A1

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
H03K 17/955 (2006.01) **H03K 17/96** (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2016/065190
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
 29. Juni 2016 (29.06.2016)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
 10 2015 008 485.2 1. Juli 2015 (01.07.2015) DE
- (71) **Anmelder:** LEOPOLD KOSTAL GMBH & CO KG
 [DE/DE]; An der Bellmerlei 10, 58513 Lüdenscheid (DE).
- (72) **Erfinder:** LEXOW, Carl Christian; Aplerbecker-Mark-
 Str. 68, 44287 Dortmund (DE).
- (74) **Anwalt:** KERKMANN, Detlef; c/o Leopold Kostal
 GmbH & Co. KG, An der Bellmerlei 10, 58513
 Lüdenscheid (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, 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, 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.
- (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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD FOR MEASURING A CAPACITANCE VALUE

(54) **Bezeichnung :** VERFAHREN ZUM MESSEN EINES KAPAZITÄTSWERTES

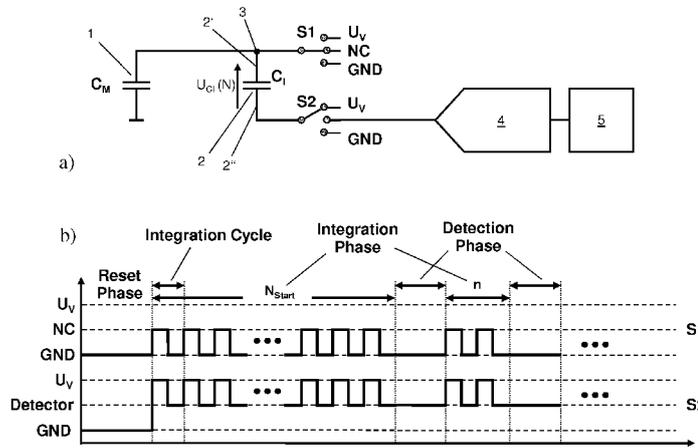


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for measuring a capacitance value C_M of a capacitive sensor element by means of an integration method, wherein a terminal of the sensor element is electrically connected to a first terminal of an integration capacitor having a known capacitance value C_I , which is high by comparison with the capacitance value C_M of the sensor element, at a common circuit node, and wherein after a number I_Z of integration cycles have been carried out, a voltage $U_{CI}(N)$ at the integration capacitor is measured by means of an A/D converter. The method according to the invention comprises the method steps of: a) defining a number N of integration cycles to be carried out at a start value N_{Start} and determining an end value N_{End} for the number N of integration cycles to be carried out b) initializing a voltage sum value U_{Ges} to the value of zero c) initializing the number I_Z of executed integration cycles to the value of zero d) connecting the common circuit node (3) and a second terminal (2'') of the integration capacitor (2) to an earth potential GND e) carrying out the integration method until the number I_Z of executed integration cycles has reached the number N of integration cycles to be carried out f) adding the voltage value $U_{CI}(N)$ currently determined by means of the A/D converter, to the voltage sum value U_{Ges} g) increasing the number N by a value n , wherein n is greater than or equal to 1 and is less than $N_{Diff} = N_{End} - N_{Start}$, h) repeating the method steps from step e) until the number N exceeds the determined end value N_{End} i) evaluating the voltage sum value U_{Ges} as the measurement result.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/001510 A1

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Messen eines Kapazitätswertes C_M eines kapazitiven Sensorelements mittels eines Integrationsverfahrens, wobei ein Anschluss des Sensorelements mit einem ersten Anschluss eines Integrationskondensators mit einem bekannten Kapazitätswert C_I , welcher groß gegenüber dem Kapazitätswert C_M des Sensorelements ist, an einem gemeinsamen Schaltungsknoten elektrisch verbunden ist, und wobei nach einer Zahl IZ durchgeführter Integrationszyklen eine an dem Integrationskondensator anliegende Spannung U_{CI} mittels eines A/D-Wandlers gemessen wird. Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst die Verfahrensschritte: a) Festlegen einer Anzahl N durchzuführender Integrationszyklen auf einen Startwert N_{Start} und Bestimmen eines Endwertes N_{End} für die Anzahl N durchzuführender Integrationszyklen b) Initialisieren eines Spannungssummenwertes U_{Ges} auf den Wert Null c) Initialisieren der Zahl IZ durchgeführter Integrationszyklen auf den Wert Null d) Verbinden des gemeinsamen Schaltungsknotens (3) und eines zweiten Anschlusses (2") des Integrationskondensators (2) mit einem Massepotential GND e) Durchführen des Integrationsverfahrens bis die Zahl IZ durchgeführter Integrationszyklen die Anzahl N durchzuführender Integrationszyklen erreicht hat f) Addieren des mittels des A/D-Wandlers aktuell bestimmten Spannungswertes $U_{CI}(N)$ zu dem Spannungssummenwert U_{Ges} g) Erhöhen der Anzahl N um einen Wert n, wobei n größer oder gleich 1 und kleiner als $N_{Diff} = N_{End} - N_{Start}$ ist, h) Wiederholung der Verfahrensschritte ab Schritt e) bis die Anzahl N den bestimmten Endwert N_{End} überschreitet i) Auswertung des Spannungssummenwertes U_{Ges} als Messergebnis.

Verfahren zum Messen eines Kapazitätswertes

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Messen eines Kapazitätswertes C_M eines kapazitiven Sensorelements mittels eines Integrationsverfahrens, wobei ein
5 Anschluss des Sensorelements mit einem ersten Anschluss eines Integrationskondensators mit einem bekannten Kapazitätswert C_I , welcher groß gegenüber dem Kapazitätswert C_M des Sensorelements ist, an einem gemeinsamen Schaltungsknoten elektrisch verbunden ist, und wobei nach einer Zahl I_Z durchgeführter Integrationszyklen eine an dem Integrationskondensator
10 anliegende Spannung U_{CI} mittels eines A/D-Wandlers gemessen wird.

Verfahren der hier angesprochenen Art werden verwendet um kapazitive Berührungs- bzw. Annäherungssensoren auszuwerten. Ein solcher Sensor kann die Gegenwart und bei entsprechender Ausgestaltung auch den Ort einer Berührung
15 oder der Annäherung durch ein Objekt, wie zum Beispiel einen Finger des Benutzers oder einen Stift, innerhalb eines empfindlichen Bereichs detektieren. Der berührungsempfindliche Bereich kann dabei beispielsweise einen Anzeigebildschirm überlagern. In einer Anzeigeanwendung kann es der Berührungs- bzw. Annäherungssensor dem Benutzer ermöglichen, direkt mit dem,
20 was auf dem Bildschirm dargestellt wird, zu interagieren, und nicht nur indirekt mittels einer Maus oder einem ähnlichen Eingabegerät.

Es gibt eine Anzahl verschiedener Arten von Berührungssensoren, wie zum Beispiel resistive Berührungssensoren, Berührungssensoren mit akustischen Oberflächenwellen und kapazitive Berührungssensoren, wobei letztgenannte, mit
25 denen eben insbesondere auch schon eine bloße Annäherung erfasst werden kann, inzwischen die größte Verbreitung erfahren haben.

Wenn ein Objekt die Oberfläche eines kapazitiven Berührungssensors berührt oder in dessen Nähe kommt, tritt eine Änderung des Kapazitätswertes des Sensors auf.
30 Aufgabe eines zugeordneten Sensorsteuergerätes bzw. des durch dieses

verwendeten Messverfahrens ist es, diese Kapazitätsänderung zu verarbeiten, um die diese auslösende Berührung oder Annäherung zu erfassen. Die besondere Schwierigkeit hierbei besteht darin, dass die Kapazitätswerte der Sensoren und insbesondere die zu erfassenden Änderungen sehr klein sind. Aus diesem Grunde bedient man sich zu ihrer Messung gerne sogenannter Integrationsverfahren, bei denen in mehreren aufeinander folgenden Zyklen kleine Ladungsmengen von dem Sensorelement, dessen Kapazitätswert relativ klein und veränderlich ist, auf einen Integrationskondensator mit einem bekannten festen und deutlich größeren Kapazitätswert übertragen werden.

10

Durch die deutsche Offenlegungsschrift DE 10 2010 041 464 A1 ist ein Verfahren zum Messen eines Kapazitätswertes eines kapazitiven Sensorelements gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bekannt geworden. Bei dem hier beschriebenen Verfahren zum Messen eines Kapazitätswertes handelt es sich um ein Integrationsverfahren der gerade angesprochenen Art, wobei ein Anschluss des Sensorelements mit einem ersten Anschluss des Integrationskondensators an einem gemeinsamen Schaltungsknoten elektrisch verbunden ist.

15

Zur Durchführung der Messung werden verschiedene Methoden verwendet. So kann beispielsweise nach Durchführung einer fest vorgegebenen Anzahl sogenannter Integrationszyklen die aus der Summe der dabei erfolgten Ladungstransfers resultierende, an dem Integrationskondensator anliegende Spannung mittels eines A/D-Wandlers gemessen und digitalisiert werden. Als Ergebnis der Messung wird die gemessene Spannung selbst, bzw. deren digitalisierter Wert, oder der aus diesem Wert und den bekannten konstanten Größen Kapazität des Integrationskondensators, Versorgungsspannung und Anzahl der Integrationszyklen berechnete Wert der Messkapazität verwendet. Alternativ hierzu kann aber auch in jedem einzelnen Integrationszyklus die an dem Integrationskondensator anliegende Spannung gemessen und bei Erreichen eines vorgegebenen Schwellwertes die Messung beendet werden. Die Messgröße ist in

25

30

diesem Fall dann die bis zum Erreichen der Schwellwertspannung durchgeführte Anzahl von Integrationszyklen.

Die Auflösung dieser Messverfahren und damit die Grenze für die

- 5 Unterscheidbarkeit zweier Zustände, bzw. Kapazitätswerte ist maßgeblich durch die Auflösung des verwendeten A/D-Wandlers bestimmt. Durch einen A/D-Wandler können Spannungen nur in bestimmten diskreten Stufen erfasst werden. Diese Stufen werden auch als Quantisierungsintervalle bezeichnet. Der zu messende Bereich wird also quantisiert, d.h. in diskrete Bereiche, in diesem Falle also
- 10 Spannungsstufen aufgeteilt. Bei einer Messung wird dann der wahren, also analog gemessenen Spannung der Wert der nächst höheren oder tieferen Stufe als digitaler Messwert zugeordnet, je nachdem welcher dieser Stufen er näher liegt. Die Abweichung der wahren Spannung von der durch den A/D-Wandler ausgegebenen Spannungsstufe ist der Quantisierungsfehler. Sofern im Folgenden also von dem
- 15 durch den A/D-Wandler gemessenen Spannungswert die Rede ist, ist damit jeweils der digitale Wert der durch den A/D-Wandler ausgegebenen Spannungsstufe gemeint.

- Das Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung hat gegenüber dem zuvor
- 20 beschriebenen den Vorteil, bei identischer Auflösung des A/D-Wandlers eine höhere Auflösung des Messergebnisses zu erreichen.

Dies gelingt erfindungsgemäß durch die Verfahrensschritte:

- a) Festlegen einer Anzahl N durchzuführender Integrationszyklen auf einen
- 25 Startwert N_{Start} und Bestimmen eines Endwertes N_{End} für die Anzahl N durchzuführender Integrationszyklen
- b) Initialisieren eines Spannungssummenwerts U_{Ges} auf den Wert Null
- c) Initialisieren der Zahl IZ durchgeführter Integrationszyklen auf den Wert Null
- d) Verbinden des gemeinsamen Schaltungsknotens (3) und eines zweiten
- 30 Anschlusses (2'') des Integrationskondensators (2) mit einem Massepotential GND

- e) Durchführen des Integrationsverfahrens bis die Zahl IZ durchgeführter Integrationszyklen die Anzahl N durchzuführender Integrationszyklen erreicht hat
- f) Addieren des mittels des A/D-Wandlers aktuell bestimmten Spannungswertes $U_{CI}(N)$ zu dem Spannungssummenwert U_{Ges}
- 5 g) Erhöhen der Anzahl N um einen Wert n, wobei n größer oder gleich 1 und kleiner als $N_{Diff} = N_{End} - N_{Start}$ ist,
- h) Wiederholung der Verfahrensschritte ab Schritt e) bis die Anzahl N den bestimmten Endwert N_{End} überschreitet
- 10 i) Auswertung des Spannungssummenwerts U_{Ges} als Messergebnis.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass das Integrationsverfahren die folgenden Verfahrensschritte umfasst:

- 15 e1) Potentialfrei Halten des gemeinsamen Schaltungsknotens (3), wobei gleichzeitig eine bekannte Versorgungsspannung U_V an den zweiten Anschluss (2'') des Integrationskondensators (2) angelegt wird
- e2) Trennen der Versorgungsspannung U_V von dem zweite Anschluss (2'') des Integrationskondensators (2), wobei gleichzeitig der gemeinsame
- 20 Schaltungsknoten (3) mit dem Massepotential GND verbunden wird
- e3) Erhöhen der Zahl IZ durchgeführter Integrationszyklen um den Wert Eins und Wiederholung der Verfahrensschritte ab Schritt e1) bis die Zahl IZ durchgeführter Integrationszyklen die aktuell vorgegebene Anzahl N durchzuführender Integrationszyklen erreicht hat
- 25 e4) Messen der an dem Integrationskondensator (2) anliegenden Spannung $U_{CI}(N)$ mittels des A/D-Wandlers (4).

Nachfolgend ist die Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung erläutert.

Dabei zeigen:

Fig. 1: a) eine schematische Darstellung der Messanordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens
5 b) eine Darstellung der zeitlichen Abfolge einer Integration mit N Integrationszyklen als Timing-Diagramm der Schalter aus a)

Fig. 2: den Verlauf der an dem Integrationskondensator anliegenden Spannung $U_{CI}(N)$ als Funktion der Anzahl N der Integrationszyklen

10

Die Zeichnung zeigt in Fig. 1 a) eine Messanordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Messen eines Kapazitätswertes C_M eines kapazitiven Sensorelements 1 in einer schematischen Darstellung als Schaltbild.

15

Das Sensorelement 1 bildet dabei beispielsweise einen Berührungssensor aus, etwa in Form einer Elektrode, die eine Eigenkapazität mit einem Kapazitätswert C_M bezüglich einem relativen Masse- oder Erdpotential hat. Bei Berührung oder Annäherung der Elektrode z.B. durch einen Finger des Benutzers ändert sich dieser Kapazitätswert C_M durch die Berührungskapazität, die dieser bezüglich dem Masse- oder Erdpotential aufweist.

20

Ein Anschluss des Sensorelements 1 ist an einem gemeinsamen Schaltungsknoten 3 mit einem ersten Anschluss 2' eines Integrationskondensators 2 elektrisch verbunden. Der bekannte Kapazitätswert C_I des Integrationskondensators 2 ist dabei groß gegenüber dem zu ermittelnden Kapazitätswert C_M des

25

Sensorelements 1. Der gemeinsame Schaltungsknoten 3 ist weiterhin mit einem ersten Schalter S1 verbunden und über diesen je nach Schalterstellung wahlweise mit dem Masse- oder Erdpotential GND oder mit einer festen Versorgungsspannung U_V verbindbar oder potentialfrei, also offen gehalten (NC).

30

Ein zweiter Anschluss 2'' des Integrationskondensators 2 ist elektrisch mit einem zweiten Schalter S2 verbunden und über diesen je nach Schalterstellung wahlweise

mit dem Masse- oder Erdpotential GND, mit der festen Versorgungsspannung U_V oder mit einem Eingang eines A/D-Wandlers 4 verbindbar.

Zur Messung des Kapazitätswerts C_M wird ein grundsätzlich bekanntes

- 5 Integrationsverfahren angewendet, bei dem in mehreren aufeinander folgenden Zyklen kleine Ladungsmengen von dem Sensorelement 1 auf den Integrationskondensator 2 übertragen werden. Nach einer Anzahl N dieser als Integrationszyklen bezeichneten Ladungstransfers wird die dann an dem Integrationskondensator 2 anliegende Spannung $U_{CI}(N)$ mittels des A/D-Wandlers 4
- 10 gemessen. Die Spannung $U_{CI}(N)$ ist direkt proportional dem Kapazitätswert C_M und somit ein Maß für diesen. Ein beispielhafter Ablauf eines solchen Integrationsverfahrens wird anhand des in Fig. 1 b) wiedergegebenen Timing-Diagramms der Schalter $S1$ und $S2$ aus der Fig. 1 a) beschrieben, wobei die folgenden Schritte den Ablauf einen Integrationszyklus (Integration Cycle) wiedergeben:

15

Der mit dem ersten Anschluss 2' des Integrationskondensators 2 verbundene, gemeinsame Schaltungsknoten 3 wird mittels des Schalters $S1$ offen und somit potentialfrei gehalten, wobei gleichzeitig an den zweiten Anschluss 2'' des Integrationskondensators 2 mittels des Schalters $S2$ die Versorgungsspannung U_V

20 angelegt wird. Dann wird die Versorgungsspannung U_V mittels des Schalters $S2$ von dem zweiten Anschluss 2'' des Integrationskondensators 2 getrennt und dieser potentialfrei gehalten, wobei gleichzeitig der gemeinsame Schaltungsknoten 3 mittels des Schalters $S2$ mit dem Massepotential GND verbunden wird.

- 25 Im Verlauf einer Messung werden die Schritte dieses Integrationszyklus wiederholt durchgeführt, und zwar so oft, bis die durchgeführte Zahl IZ von Integrationszyklen eine vorgegebene Anzahl N erreicht hat (Integration Phase).

Im Anschluss daran wird die an dem Integrationskondensator 2 nach diesen N

30 Integrationszyklen anliegende Spannung $U_{CI}(N)$ mittels des A/D-Wandlers 4 gemessen, indem der zweite Anschluss 2'' des Integrationskondensators 2 mittels

des Schalters S2 mit dem Eingang des A/D-Wandlers 4 verbunden wird (Detection Phase).

Der gemessene (digitale) Spannungswert $U_{CI}(N)$ wird zur weiteren Verarbeitung und Auswertung an eine Steuer- und Auswerteeinrichtung 5 übermittelt. Die Steuer- und Auswerteeinrichtung 5 steuert den Ablauf des gesamten beschriebenen Verfahrens und umfasst dazu als zentrales Element etwa einen Mikrocontroller.

Gemäß der vorliegenden Erfindung ist die gerade beschriebene Messung mit N Integrationszyklen Bestandteil eines übergeordneten Ablaufs, der mehrere solcher Messungen mit jeweils unterschiedlichen Werten der durchzuführenden Anzahl N von Integrationszyklen umfasst, und zwar in der folgenden Weise, die auch aus der in Fig. 2 wiedergegebenen Darstellung des Verlaufs der an dem Integrationskondensator 2 anliegenden Spannung $U_{CI}(N)$ als Funktion der Anzahl N der Integrationszyklen deutlich wird:

Zunächst wird die Anzahl N der durchzuführenden Integrationszyklen auf einen Startwert N_{Start} für die erste Messung im Rahmen des übergeordneten Ablaufs festgelegt. Gleichzeitig wird ein Ziel- bzw. Endwert N_{End} für die maximal durchzuführende Anzahl N von Integrationszyklen für die letzte Messung im Rahmen des übergeordneten Ablaufs bestimmt. Ein Spannungssummenwert U_{Ges} wird initialisiert auf den Wert Null.

Die Zahl IZ durchgeführter Integrationszyklen wird eingangs auf den Wert Null initialisiert. Weiterhin werden zur Initialisierung des Messvorgangs der mit dem ersten Anschluss 2' des Integrationskondensators 2 verbundene, gemeinsame Schaltungsknoten 3 und der zweite Anschluss 2'' des Integrationskondensators 2 mit dem Massepotential GND verbunden, und damit die Spannung U_{CI} über dem Integrationskondensator 2 zu Null gesetzt (Reset Phase).

Anschließend wird das oben beschriebene Integrationsverfahren ausgeführt, und zwar so lange, bis die Zahl IZ durchgeführter Integrationszyklen, die bei jeder Durchführung um den Wert Eins erhöht wird, die aktuell gültige Anzahl N durchzuführender Integrationszyklen erreicht hat. Mittels des A/D-Wandlers wird
5 daraufhin der an dem Integrationskondensator 2 anliegende Spannungswert $U_{CI}(N)$ bestimmt und dieser zu dem aktuell gültigen Spannungssummenwert U_{Ges} addiert.

Danach wird die Anzahl N der durchzuführenden Integrationszyklen um einen Wert n erhöht und die im vorhergehenden Absatz beschriebenen Schritte mit der neuen
10 Anzahl N wiederholt. Dabei wird weder die Zahl IZ durchgeführter Integrationszyklen zurückgesetzt, noch wird die an dem Integrationskondensator 2 aktuell anliegende Spannung gelöscht, so dass effektiv nur weitere n Intergrationszyklen durchgeführt werden, und sich dabei die an dem Integrationskondensator 2 anliegende Spannung entsprechend weiter erhöht. Der
15 Erhöhungswert n ist dabei mindestens gleich 1 und kleiner als die Differenz $N_{Diff} = N_{End} - N_{Start}$ zwischen dem Startwert N_{Start} und dem Ziel- bzw. Endwert N_{End} . Um eine nicht zu geringe Menge von Messungen mit jeweils N Integrationszyklen als Bestandteil des übergeordneten Ablaufs zu erhalten, wird der Erhöhungswert n in der Regel deutlich kleiner als N_{Diff} gewählt werden. Er kann dabei entweder von
20 Schritt zu Schritt variieren oder aber einen konstanten Wert von z.B. $n=1$, $n=2$, $n=3$ oder einen anderen Wert annehmen. Die Wiederholung des im vorhergehenden Absatz beschriebenen Schritts mit der neuen Anzahl N erfolgt so oft, bis die Anzahl N den eingangs bestimmten Endwert N_{End} überschreitet.

25 In Fig. 1b) ist dies beispielhaft für $n=2$ anhand der ersten beiden Integrations- und Detektionsphasen dargestellt. Die erste Integrationsphase umfasst dabei N_{Start} Integrationszyklen. Danach erfolgt die erste Detektionsphase, in der die an dem Integrationskondensator 2 aktuell anliegende Spannung $U_{CI}(N_{Start})$ gemessen wird. In der darauf folgenden, zweiten Integrationsphase werden weitere $n=2$
30 Integrationszyklen ausgeführt, so dass die an dem Integrationskondensator 2 anliegende Spannung $U_{CI}(N_{Start} + 2)$ nun aus insgesamt $N_{Start} + 2$ Integrationszyklen

resultiert. In dieser Weise wird die Messung fortgesetzt bis schließlich als letzter Wert die Spannung $U_{CI}(N_{End})$ gemessen wird.

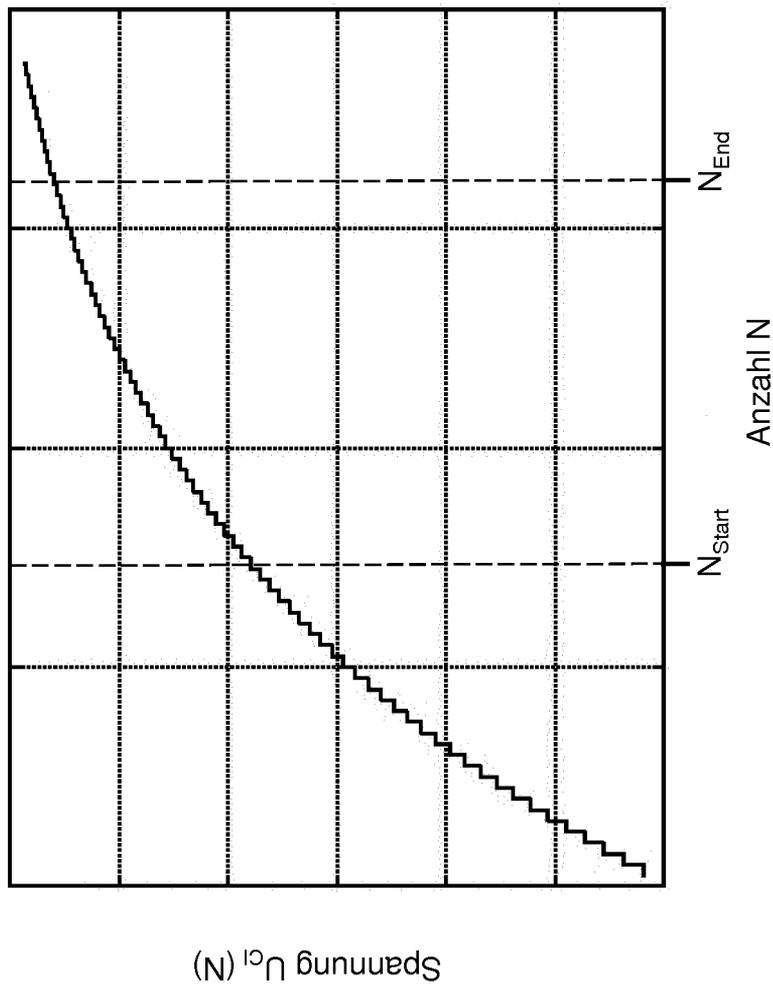
Der bis zu diesem Zeitpunkt aus den jeweils gemessenen Spannungen $U_{CI}(N)$
5 aufaddierte Spannungssummenwert U_{Ges} wird dann als Messergebnis ausgewertet.

In den Spannungssummenwert U_{Ges} gehen also, wie beschrieben, die einzelnen gemessenen Spannungswerte $U_{CI}(N)$ als Summanden ein. Jeder dieser Spannungswerte $U_{CI}(N)$ wurde dabei durch den A/D-Wandler 4 bestimmt und ist
10 daher, wie bereits zuvor erläutert, mit einem Quantisierungsfehler behaftet. Dabei verläuft die Quantisierung linear über den Messbereich, d.h. die Stufenhöhe der durch den A/D-Wandler 4 ausgegebenen Spannungsstufen ist jeweils gleich. Da der Verlauf der an dem Integrationskondensator 2 anliegenden Spannung $U_{CI}(N)$ als Funktion der Anzahl N der Integrationszyklen hingegen, wie in Fig. 2 zu
15 erkennen, nichtlinear ist, ergibt sich eine statistische Verteilung der Quantisierungsfehler, die in der Summe zu einer zumindest teilweisen Kompensation derselben führt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Messen eines Kapazitätswertes C_M eines kapazitiven Sensorelements (1) mittels eines Integrationsverfahrens, wobei ein Anschluss des Sensorelements (1) mit einem ersten Anschluss (2') eines Integrationskondensators (2) mit einem bekannten Kapazitätswert C_I , welcher groß gegenüber dem Kapazitätswert C_M des Sensorelements (1) ist, an einem gemeinsamen Schaltungsknoten (3) elektrisch verbunden ist, und wobei nach einer Zahl IZ durchgeführter Integrationszyklen eine an dem Integrationskondensator (2) anliegende Spannung U_{CI} mittels eines A/D-Wandlers (4) gemessen wird,
- gekennzeichnet durch** die Verfahrensschritte:
- a) Festlegen einer Anzahl N durchzuführender Integrationszyklen auf einen Startwert N_{Start} und Bestimmen eines Endwertes N_{End} für die Anzahl N durchzuführender Integrationszyklen
 - b) Initialisieren eines Spannungssummenwerts U_{Ges} auf den Wert Null
 - c) Initialisieren der Zahl IZ durchgeführter Integrationszyklen auf den Wert Null
 - d) Verbinden des gemeinsamen Schaltungsknotens (3) und eines zweiten Anschlusses (2'') des Integrationskondensators (2) mit einem Massepotential GND
 - e) Durchführen des Integrationsverfahrens bis die Zahl IZ durchgeführter Integrationszyklen die Anzahl N durchzuführender Integrationszyklen erreicht hat
 - f) Addieren des mittels des A/D-Wandlers aktuell bestimmten Spannungswertes $U_{CI}(N)$ zu dem Spannungssummenwert U_{Ges}
 - g) Erhöhen der Anzahl N um einen Wert n, wobei n größer oder gleich 1 und kleiner als $N_{Diff} = N_{End} - N_{Start}$ ist,
 - h) Wiederholung der Verfahrensschritte ab Schritt e) bis die Anzahl N den bestimmten Endwert N_{End} überschreitet
 - i) Auswertung des Spannungssummenwerts U_{Ges} als Messergebnis.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Wert n der Erhöhung ein konstanter Wert ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Wert n der Erhöhung von Schritt zu Schritt variiert.
5
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Integrationsverfahren die folgenden Verfahrensschritte umfasst:
 - e1) Potentialfrei Halten des gemeinsamen Schaltungsknotens (3), wobei
10 gleichzeitig eine bekannte Versorgungsspannung U_V an den zweiten Anschluss (2'') des Integrationskondensators (2) angelegt wird
 - e2) Trennen der Versorgungsspannung U_V von dem zweite Anschluss (2'') des Integrationskondensators (2), wobei gleichzeitig der gemeinsame Schaltungsknoten (3) mit dem Massepotential GND verbunden wird
 - 15 e3) Erhöhen der Zahl IZ durchgeführter Integrationszyklen um den Wert Eins und Wiederholung der Verfahrensschritte ab Schritt e1) bis die Zahl IZ durchgeführter Integrationszyklen die aktuell vorgegebene Anzahl N durchzuführender Integrationszyklen erreicht hat
 - e4) Messen der an dem Integrationskondensator (2) anliegenden Spannung
20 $U_{Ci}(N)$ mittels des A/D-Wandlers (4).



$$U_{c_t}(N) = \sum_{k=1}^N \frac{C_M}{C_M + C_I} \bullet (U_V - U_{c_t}(k-1)) \quad U_{c_t}(0) = 0$$

Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/065190

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H03K17/955 H03K17/96
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)
H03K
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	DE 299 24 441 U1 (PHILIPP HARALD [GB]) 16 October 2003 (2003-10-16) page 10, line 24 - line 27; figures 1,2,4 page 11, line 20 - line 32 page 13, line 11 page 15, line 12 - line 33 page 16, line 20 - line 21 -----	1-4
X	US 6 466 036 B1 (PHILIPP HARALD [GB]) 15 October 2002 (2002-10-15) column 3 - column 5; figures 1,2 -----	1-4
A	US 2011/261006 A1 (JOHARAPURKAR ASHUTOSH RAVINDRA [IN] ET AL) 27 October 2011 (2011-10-27) paragraph [0006]; figure 1 -----	1-4
	-/--	

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 20 September 2016	Date of mailing of the international search report 30/09/2016
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 O'Reilly, Siobhan

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/065190

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2010/181180 A1 (PETER DIETER [DE]) 22 July 2010 (2010-07-22) paragraph [0011]; figures 1,2,3 -----	1-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2016/065190

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 29924441	U1	16-10-2003	NONE
US 6466036	B1	15-10-2002	NONE
US 2011261006	A1	27-10-2011	CN 102262489 A 30-11-2011
		DE 102011017469 A1	27-10-2011
		TW 201205401 A	01-02-2012
		US 2011261006 A1	27-10-2011
US 2010181180	A1	22-07-2010	CN 102282766 A 14-12-2011
		EP 2387824 A1	23-11-2011
		KR 20110114523 A	19-10-2011
		TW 201032117 A	01-09-2010
		US 2010181180 A1	22-07-2010
		WO 2010083123 A1	22-07-2010

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/065190

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H03K17/955 H03K17/96
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H03K

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	DE 299 24 441 U1 (PHILIPP HARALD [GB]) 16. Oktober 2003 (2003-10-16) Seite 10, Zeile 24 - Zeile 27; Abbildungen 1,2,4 Seite 11, Zeile 20 - Zeile 32 Seite 13, Zeile 11 Seite 15, Zeile 12 - Zeile 33 Seite 16, Zeile 20 - Zeile 21 -----	1-4
X	US 6 466 036 B1 (PHILIPP HARALD [GB]) 15. Oktober 2002 (2002-10-15) Spalte 3 - Spalte 5; Abbildungen 1,2 -----	1-4
A	US 2011/261006 A1 (JOHARAPURKAR ASHUTOSH RAVINDRA [IN] ET AL) 27. Oktober 2011 (2011-10-27) Absatz [0006]; Abbildung 1 ----- -/--	1-4

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	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
20. September 2016	30/09/2016

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 O'Reilly, Siobhan
--	--

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2010/181180 A1 (PETER DIETER [DE]) 22. Juli 2010 (2010-07-22) Absatz [0011]; Abbildungen 1,2,3 -----	1-4

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/065190

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 29924441	U1	16-10-2003	KEINE

US 6466036	B1	15-10-2002	KEINE

US 2011261006	A1	27-10-2011	CN 102262489 A 30-11-2011
			DE 102011017469 A1 27-10-2011
			TW 201205401 A 01-02-2012
			US 2011261006 A1 27-10-2011

US 2010181180	A1	22-07-2010	CN 102282766 A 14-12-2011
			EP 2387824 A1 23-11-2011
			KR 20110114523 A 19-10-2011
			TW 201032117 A 01-09-2010
			US 2010181180 A1 22-07-2010
			WO 2010083123 A1 22-07-2010
