(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
27. Dezember 2013 (27.12.2013)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/189752 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H03K 17/955 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/061677

(22) Internationales Anmeldedatum:
6. Juni 2013 (06.06.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 105 266.2 18. Juni 2012 (18.06.2012) DE

(71) Anmelder: **HUF HÜLSBECK & FÜRST GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Steeger Strasse 17, 42551 Velbert (DE).

(72) Erfinder: **SIEG, Berthold**; Bodelschwinghstr. 17, 46240 Bottrop (DE).

(74) Anwalt: **ZENZ - PATENT- UND RECHTSANWÄLTE**; Rüttenscheider Strasse 2, 45128 Essen (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, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, 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**: CAPACITIVE PROXIMITY SENSOR FOR A MOTOR VEHICLE

(54) **Bezeichnung** : KAPAZITIVER ANNÄHERUNGSSENSOR FÜR EIN KRAFTFAHRZEUG

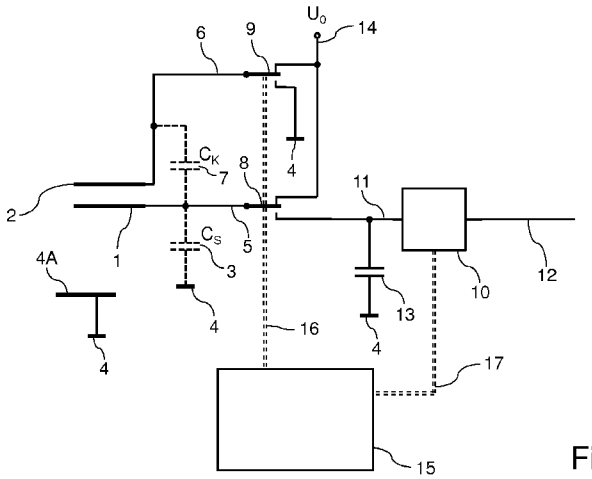


Fig. 1

(57) **Abstract**: A capacitive proximity sensor for a motor vehicle detects changes of the capacitance (3) of a sensor electrode (1) relative to a reference potential (4). A first circuit node (5), which can be coupled via a first switching device (8) either to a fixed voltage potential (14) or to the input (11) of a measurement circuit (10), is coupled to the sensor electrode. When the first switching device couples the circuit node to the measurement circuit, the switching device simultaneously couples an integrator capacitor (13) between the first circuit node and the reference potential. The measurement circuit determines the voltage across the integrator capacitor. A coupling capacitor (7) is coupled between the sensor electrode and a second circuit node (6), which can be coupled via a second switching device (9) either to the fixed voltage potential (14) or to the reference potential (4). A control circuit (15) activates the two switching devices at least approximately synchronously in such a manner that when the first switching device couples the first circuit node (5) to the fixed voltage potential (14), the second switching device does not couple the second circuit node (6) to the reference potential (4), and when the first switching device couples the first circuit node to the measurement circuit, the second switching device does not couple the second circuit node to the fixed voltage potential. The control circuit changes over the switching devices multiple times

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2013/189752 A1

Veröffentlicht:

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

until the voltage across the integrator capacitor has reached an at least approximately steady state and then causes the measurement circuit to determine the voltage across the integrator capacitor or the change thereof with respect to a reference value as a measurement for the capacitance of the sensor electrode or the change thereof.

(57) Zusammenfassung: Ein kapazitiver Annäherungssensor für ein Kraftfahrzeug erfasst Änderungen der Kapazität (3) einer Sensorelektrode (1) gegenüber einem Bezugspotential (4). Mit der Sensorelektrode ist ein erster Schaltungsknoten (5) gekoppelt, der über eine erste Schaltvorrichtung (8) entweder mit einem fixen Spannungspotential (14) oder mit dem Eingang (11) einer Messschaltung (10) gekoppelt werden kann. Die erste Schaltvorrichtung koppelt dann, wenn sie den Schaltungsknoten mit der Messschaltung koppelt, zugleich eine Integratorkapazität (13) zwischen dem ersten Schaltungsknoten und dem Bezugspotential ein. Die Messschaltung bestimmt die Spannung über der Integratorkapazität. Eine Koppelkapazität (7) ist zwischen der Sensorelektrode und einem zweiten Schaltungsknoten (6) eingekoppelt, der über eine zweite Schaltvorrichtung (9) entweder mit dem fixen Spannungspotential (14) oder mit dem Bezugspotential (4) gekoppelt werden kann. Eine Steuerschaltung (15) steuert die beiden Schaltvorrichtungen zumindest näherungsweise synchron derart an, dass dann, wenn die erste Schaltvorrichtung den ersten Schaltungsknoten (5) mit dem fixen Spannungspotential (14) koppelt, die zweite Schaltvorrichtung den zweiten Schaltungsknoten (6) nicht mit dem Bezugspotential (4) koppelt, und dann, wenn die erste Schaltvorrichtung den ersten Schaltungsknoten mit der Messschaltung koppelt, die zweite Schaltvorrichtung den zweiten Schaltungsknoten nicht mit dem fixen Spannungspotential koppelt. Die Steuerschaltung schaltet die Schaltvorrichtungen mehrfach solange um, bis die Spannung über der Integratorkapazität zumindest näherungsweise einen stationären Zustand erreicht hat, und veranlasst danach die Messschaltung, die Spannung über der Integratorkapazität oder deren Änderung gegenüber einem Referenzwert als Maß für die Kapazität der Sensorelektrode bzw. deren Änderung zu bestimmen.

Kapazitiver Annäherungssensor für ein Kraftfahrzeug

Die Erfindung betrifft einen kapazitiven Annäherungssensor für ein Kraftfahrzeug mit einer Sensorelektrode, bei dem Änderungen der Kapazität der Sensorelektrode gegenüber einer auf einem Bezugspotential liegenden Oberfläche erfasst werden sollen.

Derartige kapazitive Annäherungssensoren werden insbesondere bei automatischen Tür- oder Heckklappenbetätigungsvorrichtungen in Kraftfahrzeugen eingesetzt, wobei hier insbesondere die Annäherung eines Körperteils (Hand oder Fuß) eines Bedieners erfasst werden soll, um in Abhängigkeit davon einen Öffnungs- oder einen Schließvorgang auszulösen.

Bei einem bekannten derartigen kapazitiven Annäherungssensor ist die Sensorelektrode beispielsweise mit einem ersten Port eines Mikrocontrollers gekoppelt. Ferner ist mit der Sensorelektrode ein Kondensator verbunden, der mit einem zweiten Port des Mikrocontrollers gekoppelt ist. Die Kapazität des Kondensators ist dabei so gewählt, dass sie um ein Vielfaches größer als eine zu messende Kapazität der Sensorelektrode gegenüber dem Bezugspotential ist. Die Kapazität der Sensorelektrode gegenüber dem Bezugspotential und insbesondere deren Änderungen werden dann durch ein Umladeverfahren wie folgt gemessen. In einem ersten Abschnitt eines Schaltzyklus wird die Sensorelektrode über den ersten Port des Mikrocontrollers mit einer Betriebsspannung (oder einer anderen fest vorgegebenen Spannung) gekoppelt, so dass sich die Kapazität der Sensorelektrode auf die Betriebsspannung auflädt. Dabei befindet sich der zweite Port in einem hochohmigen Zustand, so dass keine Ladung von dem angekoppelten Kondensator abfließen kann. In einem darauffolgenden zweiten Abschnitt des Schaltzyklus wird der erste Port hochohmig geschaltet, so dass über diesen keine Ladung abfließen kann; gleichzeitig wird der zweite Port auf Masse geschaltet. Dabei entlädt sich der größte Teil der auf der Kapazität der Sensorelektrode angesammelten Ladung auf den

Kondensator. Dieser Schaltzyklus wird dann mehrere 1000 Mal wiederholt, wobei sich immer mehr Ladung auf dem Kondensator ansammelt und die Spannung über dem Kondensator allmählich sich derjenigen Spannung annähert, auf die die Kapazität der Sensorelektrode in dem ersten Abschnitt des Zyklus jeweils aufgeladen wird. Zur Messung der Kapazität wird ein Schwellspannungswert unterhalb der maximalen Spannung festgelegt und wird dann die Zeit bzw. werden die Anzahl der Zyklen gemessen, bis die Spannung über dem Kondensator diesen Schwellwert überschreitet. Die Spannung über dem Kondensator erreicht den Schwellwert umso früher, je größer die Kapazität der Sensorelektrode gegenüber dem Bezugspotential ist. Um das Erreichen des Spannungsschwellwerts zu überprüfen, wird innerhalb des Mikrocontrollers an den ersten Port im oder nach dem zweiten Abschnitt des Schaltzyklus jeweils der Eingang eines Komparators angekoppelt (wobei der Eingang selbstverständlich eine sehr hohe Impedanz aufweisen muss, um einen Ladungsabfluss zu vermeiden).

Es hat sich gezeigt, dass diese bekannte Sensoranordnung unter bestimmten Betriebsbedingungen, die im Fahrzeugbetrieb auftreten können, Änderungen der Kapazität der Sensorelektrode nicht mehr mit ausreichender Genauigkeit feststellen kann. Wird beispielsweise die Sensorelektrode im Bereich einer Heckschürze eines Kraftfahrzeugs zu dem Zweck angebracht, dort die Annäherung eines Fußes des Bedieners zu erfassen, um ausgehend von der Erfassung dieser Fußbewegung die Betätigung der Heckklappe auszulösen, so kann beispielsweise dann, wenn die Umgebung des Sensors durch Feuchtigkeit (Wasser und Eis) und Schmutz (insbesondere Salze) stark verunreinigt ist, der Fall eintreten, dass die Annäherung des Fußes und die damit verbundene Kapazitätsänderung nicht mehr sicher erfasst werden kann. Dies bedeutet, dass die Anzahl der Schaltzyklen bis zum Erreichen des Schwellspannungswerts bei Annäherung des Fußes des Bedieners unter diesen Umgebungsbedingungen nicht ausreichend variiert, um diese sicher von Störeinflüssen (Rauschen) unterscheiden zu können.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, den kapazitiven Annäherungssensor zu verbessern, so dass auch unter schwierigen Umgebungsbedingungen geringe Änderungen der Kapazität der Sensorelektrode sicherer erfasst werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen kapazitiven Annäherungssensor für ein Kraftfahrzeug mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Der erfindungsgemäße kapazitive Annäherungssensor für ein Kraftfahrzeug umfasst eine Sensorelektrode, wobei Änderungen der Kapazität der Sensorelektrode gegenüber einer auf einem Bezugspotential liegenden Oberfläche erfasst werden sollen. Bei dem Bezugspotential handelt es sich beispielsweise um das Erdpotential oder Masse-Potential, insbesondere das Potential der Karosserie des Kraftfahrzeugs. Der kapazitive Annäherungssensor weist einen mit der Sensorelektrode gekoppelten ersten Schaltungsknoten auf, der über eine Schaltvorrichtung entweder mit einem fixen Spannungspotential (beispielsweise dem Versorgungsspannungspotential) oder mit dem Eingang einer Messschaltung (die z.B. in einem Mikrocontroller angeordnet ist) gekoppelt werden kann. Die erste Schaltvorrichtung koppelt dann, wenn sie den ersten Schaltungsknoten mit dem Eingang der Messschaltung koppelt, zugleich eine Integratorkapazität zwischen dem ersten Schaltungsknoten und dem Bezugspotential ein (Dabei kann beispielsweise ein die Integratorkapazität bildender Kondensator entweder zwischen dem ersten Schaltungsknoten und einem mit Masse koppelnden Schalter oder zwischen einem mit dem ersten Schaltungsknoten koppelnden Schalter und Masse eingekoppelt sein). Die Messschaltung dient zum Erfassen einer über der Integratorkapazität anliegenden Spannung. Der kapazitive Annäherungssensor umfasst erfindungsgemäß ferner eine Koppelkapazität, die zwischen der Sensorelektrode und einem zweiten Schaltungsknoten eingekoppelt ist, wobei der zweite Schaltungsknoten über eine zweite Schaltvorrichtung entweder mit dem fixen Spannungspotential oder mit dem Bezugspotential gekoppelt werden kann. Ferner ist eine Steuerschaltung vorgesehen, die die erste Schaltvorrichtung und die zweite

Schaltvorrichtung zumindest näherungsweise synchron derart ansteuert, dass dann, wenn die erste Schaltvorrichtung den ersten Schaltungsknoten mit dem fixen Spannungspotential koppelt, die zweite Schaltvorrichtung den zweiten Schaltungsknoten nicht mit dem Bezugspotential koppelt, und dann, wenn die erste Schaltvorrichtung den ersten Schaltungsknoten mit der Messschaltung koppelt, die zweite Schaltvorrichtung den zweiten Schaltungsknoten nicht mit dem fixen Spannungspotential koppelt. Die Steuerschaltung schaltet dann die erste und die zweite Schaltvorrichtung mehrfach solange um, bis die über der Integratorkapazität anliegende Spannung zumindest näherungsweise einen stationären Zustand erreicht hat. Danach veranlasst sie die Messschaltung, die über der Integratorkapazität anliegende Spannung oder deren Änderung gegenüber einem Referenzwert als Maß für die Kapazität der Sensorelektrode bzw. deren Änderung zu bestimmen.

Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, dass bei Ankopplung einer Koppelkapazität an die Sensorelektrode und deren zumindest näherungsweise synchrones Schalten zwischen dem Bezugspotential und dem fixen Spannungspotential im eingeschwungenen Zustand eine Ladungsaufteilung derart stattfindet, dass die Spannung über der Integratorkapazität nach mehrfachem Umschalten schließlich sich einem Wert annähert, der ein Maß für die Kapazität der Sensorelektrode darstellt. Unter einer „näherungsweise synchronen“ Ansteuerung soll hier nicht nur die völlig synchrone Ansteuerung sondern auch ein (beispielsweise durch technologische Toleranzen bedingtes) geringfügig versetztes Ansteuern der beiden Schaltvorrichtungen verstanden werden, bei dem aber einerseits gewährleistet ist, dass dann, wenn die erste Schaltvorrichtung derart umschaltet, dass sie den ersten Schaltungsknoten mit dem fixen Spannungspotential koppelt, die zweite Schaltvorrichtung den zweiten Schaltungsknoten entweder noch hochohmig hält (mit keinem Potential koppelt) oder ihn ebenfalls mit dem fixen Spannungspotential koppelt, ihn aber jedenfalls nicht mit dem Bezugspotential koppelt, weil dies die Aufladung der Koppelkapazität auf die volle Spannungsdifferenz zur Folge

hätte). Andererseits ist bei dem geringfügig versetzt synchronen Schalten gewährleistet, dass dann, wenn die erste Schaltvorrichtung derart umschaltet, dass sie den ersten Schaltungsknoten mit der Messschaltung koppelt, die zweite Schaltvorrichtung den zweiten Schaltungsknoten entweder noch in der Luft hält oder bereits mit dem Massepotential koppelt, ihn jedenfalls nicht mit dem fixen Spannungspotential koppelt. Die Steuerschaltung schaltet dann mehrfach solange um, bis die über der Integratorkapazität anliegende Spannung zumindest näherungsweise einen stationären Zustand erreicht hat. Da sich der Spannungsverlauf asymptotisch einem stationären Zustand annähert, wird dieser – genau betrachtet – nicht erreicht. Unter einem näherungsweise stationären Zustand soll deshalb ein solcher Zustand verstanden werden, bei dem die weiteren Änderungen der anliegenden Spannung innerhalb einer zulässigen Toleranz liegen. Die Anzahl der dazu erforderlichen Umschaltungen kann beispielsweise aufgrund von Kenntnissen des Verhaltens der Schaltungsanordnung fest vorgegeben werden, indem man eine Anzahl wählt, von der man sicher weiß, dass nach dieser Anzahl von Schaltzyklen die weiteren Änderungen der Spannung im Rahmen einer gewünschten Messgenauigkeit vernachlässigbar sind. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Änderungen der Spannung zwischen aufeinanderfolgenden Zyklen zu überwachen und bei Unterschreiten eines vorgegebenen geringen Schwellwerts das Umschalten zu beenden und/oder den zuletzt gemessenen Messwert zu übernehmen.

Die Koppelkapazität könnte bei einer Ausführungsform beispielsweise durch ein Kondensatorbauelement gebildet sein, das zwischen dem ersten und dem zweiten Schaltungsknoten eingekoppelt ist. Eine bevorzugte Ausführungsform ist jedoch dadurch gekennzeichnet, dass die Koppelkapazität eine sich zwischen der Sensorelektrode und einer im festen Abstand benachbart zur Sensorelektrode angeordneten Koppelelektrode ausbildende Kapazität ist. Die Koppelelektrode kann beispielsweise eine Schirmelektrode sein. Eine bevorzugte Ausführungsform ist jedoch dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorelektrode ein Außenleiter einer Koaxialleitung und die

Koppelelektrode ein Innenleiter dieser Koaxialleitung ist. Diese Ausführungsform wird insbesondere bei einem kapazitiven Annäherungssensor für einen Heckklappen-Öffnungsmechanismus verwendet und dabei im Bereich der Heckschürze unterhalb der Heckklappe quer über die gesamte oder einen Teil der Heckklappenbreite angeordnet. Mit einer solchen kapazitiven Sensoranordnung soll die Bewegung eines Fußes eines Bedieners in Fahrzeuglängsrichtung in Richtung auf und unter die Heckschürze erfasst werden.

Eine Ausführungsform des kapazitiven Annäherungssensors ist dadurch gekennzeichnet, dass die Integratorkapazität von einem Kondensator gebildet wird, dessen einer Anschluss mit dem ersten Schaltungsknoten verbunden ist, und dass die erste Schaltvorrichtung einen ersten Schalter und einen zweiten Schalter umfasst, wobei der erste Schalter den ersten Schaltungsknoten entweder mit dem fixen Spannungspotential oder mit dem Eingang der Messschaltung koppelt, und wobei der zweite Schalter den anderen Anschluss des Kondensators entweder offen lässt oder mit dem Bezugspotential koppelt. Bei dieser Ausführungsform ist es vorzugsweise vorgesehen, dass die zweite Schaltvorrichtung sowie der erste Schalter und der zweite Schalter der ersten Schaltvorrichtung jeweils von einem Port eines die Messschaltung enthaltenden Mikrocontrollers gebildet werden, insbesondere von elektronischen Schaltern (beispielsweise FET) dieser Ports. Jeder dieser Ports ist vorzugsweise grundsätzlich in der Lage, den angekoppelten Anschluss entweder mit dem fixen Spannungspotential (beispielsweise Betriebsspannung) oder dem Bezugspotential (beispielsweise Masse) und/oder mit dem Eingang einer Auswerteschaltung zu koppeln oder hochohmig offen zu lassen. Diese Ausführungsform hat den Vorteil einer preiswerten Realisierung, da neben dem Mikrocontroller lediglich ein externer Kondensator (und hier nicht näher beschriebene weitere Eingangsschutzschaltungen) benötigt werden. Nachteilig sind bei dieser Ausführungsform parasitäre Kapazitäten der Ports des Mikrocontrollers und dessen Schaltverhalten, beispielsweise die

bei der Programmierung der Umschaltfunktionen zu beachtenden Schaltverzögerungen, die von Port zu Port abweichen können.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird die Integratorkapazität von einem zwischen dem mit der ersten Schaltvorrichtung gekoppelten Eingang der Messschaltung und dem Bezugspotential eingekoppelten Kondensator oder von einem zwischen der ersten Schaltvorrichtung und dem Eingang der Messschaltung eingekoppelten, als Tiefpass geschalteten RC-Netzwerk gebildet. Bei dieser Ausführungsform verbindet die erste Schaltvorrichtung den ersten Schaltungsknoten entweder mit dem fixen Spannungspotential oder mit dem Eingang der Messschaltung (und dem mit Masse gekoppelten Kondensator) bzw. mit dem Eingang des RC-Netzwerks. Die erste und die zweite Schaltvorrichtung werden dann näherungsweise synchron so gesteuert, dass sie entweder die beiden Schaltungsknoten mit dem fixen Spannungspotential oder den ersten Schaltungsknoten mit dem Eingang der Messschaltung und dem zweiten Schaltungsknoten mit dem Bezugspotential (Masse-Potential) verbinden. Bei dieser Ausführungsform ist es vorzugsweise vorgesehen, dass sowohl die erste als auch die zweite Schaltvorrichtung als Analogschalter-Bauelemente ausgebildet sind, die eine Break-before-make-Charakteristik haben, die also zunächst den jeweiligen Schaltungsknoten von einem Potential entkoppeln, bevor sie ihn mit dem anderen Potential koppeln. Die näherungsweise synchrone Ansteuerung der beiden Analogschalterbauelemente geschieht dann derart, dass stets zunächst beide Schaltungsknoten vom vorhergehenden Potential entkoppelt werden, bevor einer oder beide Schaltungsknoten mit dem nachfolgenden Potential gekoppelt werden.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Annäherungssensors werden die von der Steuerschaltung veranlassten Umschaltungen der Schaltvorrichtungen mit einer Periodendauer ausgeführt, die mindestens um den Faktor 10 größer ist als die Zeitkonstante des Aufladens der von der Sensorelektrode gebildeten Kapazität bei deren Kopplung mit dem fixen Spannungspotential. Bei einer typischen Anordnung hat die Sensorelektrode gegenüber dem Bezugspotential beispielsweise

eine Kapazität in der Größenordnung von 10 pF bis 100 pF. Die Ankopplung dieser Kapazität an das fixe Spannungspotential über die erste Schaltvorrichtung erfolgt beispielsweise mit einem Ankopplungswiderstand in der Größenordnung von wenigen Ohm. Die Zeitkonstante des Aufladens der Sensorkapazität ist somit extrem gering (beispielsweise im Nano- bis Picosekundenbereich). Die Periodendauer des Umschaltens ist mindestens um den Faktor 10 größer, vorzugsweise mindestens um den Faktor 100 größer, so dass in jedem Teilabschnitt des Umschaltzyklus die Auf- bzw. Entladevorgänge der Sensorkapazität weitgehend bis vollständig abgeschlossen sind, bevor das nächste Umschalten beginnt.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform werden die von der Steuerschaltung veranlassten Umschaltungen der Schaltvorrichtungen mit einer Frequenz zwischen 10 kHz und 100 MHz, vorzugsweise mit einer Frequenz zwischen 100 kHz und 10 MHz, ausgeführt. Bei einer typischen Ausführungsform wird mit einer Periodendauer von 1 MHz umgeschaltet. Bei solchen Umschaltfrequenzen kann davon ausgegangen werden, dass die Auf- und Umladevorgänge weit vor Ablauf der halben Periodendauer abgeschlossen sind.

Vorzugsweise ist der kapazitive Annäherungssensor dadurch gekennzeichnet, dass die von der Steuerschaltung veranlasste Anzahl der Umschaltungen der Schaltvorrichtungen vor dem Bestimmen der über der Integratorkapazität anliegenden Spannung vom Verhältnis der Integratorkapazität zu der zu messenden Kapazität der Sensorelektrode gegenüber dem Bezugspotential abhängt, wobei die Integratorkapazität so dimensioniert ist, dass die über der Integratorkapazität anliegende Spannung nach etwa 10 bis 1000 Umschaltungen, vorzugsweise nach wenigen 100 Umschaltungen, näherungsweise den stationären Zustand erreicht, das heißt weitere Änderungen der Spannung unterhalb einer vernachlässigbaren Toleranzschwelle liegen.

Bei dem erfindungsgemäßen kapazitiven Annäherungssensor kann auch dadurch, dass die Integratorkapazität geringer ist als die Kapazität des in der bekannten Schaltung verwendeten Kondensators, eine deutlich verringerte Messzeit erzielt werden. Die Anzahl der erforderlichen Umschaltzyklen liegt nicht mehr

bei mehreren 1000, sondern beispielsweise bei mehreren 100 Zyklen (bei vergleichbarer Schaltfrequenzen von beispielsweise 1 MHz).

Vorteilhafte und/oder bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von in den Zeichnungen dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispielen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

Figur 1 ein Prinzipschaltbild einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen kapazitiven Annäherungssensors;

Figur 2 ein Prinzipschaltbild einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen kapazitiven Annäherungssensors;

Figur 3 ein Schaltbild eines Ausführungsbeispiels der ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen kapazitiven Annäherungssensors; und

Figur 4 eine schematische Darstellung zur Veranschaulichung der sich während des Umlade-Intervalls einstellenden Spannungsverhältnisse am Eingang der Messschaltung.

Figur 1 zeigt ein Prinzipschaltbild einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen kapazitiven Annäherungssensors für ein Kraftfahrzeug mit einer Sensorelektrode 1, deren Kapazität C_S 3 gegenüber einer auf einem Masse-Potential 4 liegenden Oberfläche 4A erfasst werden soll. Die gestrichelt dargestellte Kapazität 3 ist kein reales Schaltungselement, sondern veranschaulicht lediglich die sich einstellende Kapazität zwischen der Sensorelektrode 1 und dem Masse-Potential 4. Benachbart zu der Sensorelektrode 1 ist eine Koppelelektrode 2 angeordnet. Bei einer Ausführungsform kann es sich bei der Sensorelektrode 1 um eine ebene Platte oder Metallschicht handeln, wobei die Koppelektrode 2 eine dazu planparallel angeordnete beabstandete Metallplatte oder Metallschicht sein kann. Bei einer bevorzugten Ausführungsform, bei der beispielsweise ein handelsübliches Koaxialkabel verwendet werden kann, dient der Außenleiter des Koaxialkabels als Sensorelektrode 1, während der koaxiale Innenleiter als Koppelelektrode 2 dient. Zwischen der Sensorelektrode 1 und der Koppelelektrode 2 bildet sich eine näherungsweise fixe

Koppelkapazität C_K aus. Diese Koppelkapazität C_K ist in Figur 1 durch das gestrichelt dargestellte gedachte Kondensatorbauelement 7 veranschaulicht.

Die Sensorelektrode 1 ist mit einem ersten Schaltungsknoten 5 gekoppelt. Der Schaltungsknoten 5 ist mit einer ersten Schaltvorrichtung 8 verbunden, welche den Schaltungsknoten 5 entweder mit einem Betriebsspannungspotential U_0 14 oder mit dem Eingang 11 einer Messschaltung 10 verbinden kann. Die erste Schaltvorrichtung 8 ist von einer Art, die beim Umschalten von dem einen zu dem anderen Kontakt den ersten Schaltungsknoten 5 von beiden Kontakten kurzzeitig entkoppelt. Die Koppelelektrode 2 ist mit einem zweiten Schaltungsknoten 6 gekoppelt, der wiederum mit einer zweiten Schaltvorrichtung 9 verbunden ist. Die zweite Schaltvorrichtung 9 ist von derselben Art wie die erste Schaltvorrichtung und kann den Schaltungsknoten 6 wahlweise mit dem Betriebsspannungspotential 14 oder mit dem Masse-Potential 4 verbinden. Die erste Schaltvorrichtung 8 und die zweite Schaltvorrichtung 9 sind derart mit einer Steuerschaltung 15 gekoppelt (die Kopplung ist durch die gestrichelte Doppellinie 16 angedeutet), dass sie im Wesentlichen synchron umgeschaltet werden können, wobei in einem ersten Schaltzustand sowohl der erste Schaltungsknoten 5 als auch der zweite Schaltungsknoten 6 mit dem Betriebsspannungspotential 14 verbunden sind, während in einem zweiten Schaltzustand der erste Schaltungsknoten 5 mit dem Eingang 11 der Messschaltung 10 gekoppelt ist, während der zweite Schaltungsknoten 6 mit dem Masse-Potential 4 verbunden ist.

Zwischen dem Eingang 11 der Messschaltung 10 und dem Masse-Potential 4 ist ein Kondensator 13 eingekoppelt, der hier als Integratorkapazität bezeichnet wird. Alternativ könnte er auch als Sammelkapazität bezeichnet werden, wie sich aus einer nachfolgenden Funktionsbeschreibung ergibt.

Die Messschaltung 10 dient dazu, die sich am Eingang 11 einstellende Spannung über der Integratorkapazität 13 zu erfassen. Hierbei kann die Messschaltung 10 beispielsweise einen Analog-Digital-Umsetzer enthalten, der die am Eingang 11

gemessene Spannung dann, wenn ein entsprechender Steuerbefehl durch die Steuerschaltung 15 übermittelt wird, in einen Digitalwert umsetzt, wobei der Digitalwert am Ausgang 12 ausgegeben werden kann. Die Kopplung der Messschaltung 10 mit der Steuerschaltung 15 ist durch die Doppelstrichlinie 17 veranschaulicht. Bei einer alternativen Ausführungsform könnte die Messschaltung 10 auch lediglich erfassen, ob sich eine vorgegebene Mindeständerung gegenüber einer vorangehenden Messung der über dem Kondensator 13 abfallenden Spannung ergibt. Hierzu könnte die Messschaltung 10 beispielsweise einen Komparator enthalten, dessen einer Eingang mit dem Eingang 11 der Messschaltung gekoppelt ist, wobei der andere Eingang mit einer Referenzspannung versorgt wird, bei der es sich beispielsweise um eine aus der vorangegangenen Messung abgeleitete Spannung handeln kann. Beispielsweise sind sowohl die Steuerschaltung 15 als auch die Messschaltung 10 Teil eines Mikrocontrollers. Dem Fachmann ist bekannt, wie mit Hilfe eines programmierbaren Mikrocontrollers die oben genannten unterschiedlichen Messabläufe realisiert werden können, weshalb dies hier nicht näher beschrieben zu werden braucht.

Der kapazitive Annäherungssensor gemäß Figur 1 arbeitet wie folgt. In einem ersten Abschnitt eines Schaltzyklus sind sowohl der erste Schaltungsknoten 5 als auch der zweite Schaltungsknoten 6 mit der Betriebsspannung U_0 14 verbunden. Deshalb wird die Sensorelektrode 1 auf die Betriebsspannung U_0 gegenüber der Masse 4 aufgeladen. Die sich zwischen der Sensorelektrode 1 und der Koppelelektrode 2 ergebende Kapazität C_K bleibt dagegen ungeladen, da sich beide Anschlüsse auf demselben Potential befinden. Da zu Beginn des gesamten Messablaufs sämtliche Kondensatoren entladen sind, ist auch die über der Integratorkapazität 13 abfallende Spannung, welche am Eingang 11 der Messschaltung 10 anliegt, gleich Null.

Nach einer vorgegebenen Zeitdauer, die beispielsweise der Hälfte der Schaltzyklus entspricht, werden die erste Schaltvorrichtung 8 und die zweite Schaltvorrichtung 9 durch die Steuerschaltung 15 veranlasst, gleichzeitig umzuschalten. Dabei legt die zweite Schaltvorrichtung 9 den mit der Koppelelektrode

2 gekoppelten zweiten Schaltungsknoten 6 auf Masse 4. Die erste Schaltvorrichtung 8 legt den mit der Sensorelektrode 1 gekoppelten ersten Schaltungsknoten 5 an den Eingang 11 der Messschaltung 10 und zugleich an einen Anschluss des Kondensators 13. Da dieser Kondensator 13 zu Beginn der mehreren Schaltzyklen ungeladen ist, wird ein Teil der sich auf der Kapazität C_S der Sensorelektrode 1 befindenden Ladung über den Schaltungsknoten 5 und die erste Schaltvorrichtung 8 auf den Kondensator 13 übertragen. Die Kapazität des Kondensators 13 ist um ein Vielfaches größer als die größte erwartete Kapazität der Sensorelektrode 1 gegenüber Masse gewählt. Aus diesem Grund fließt bei der Ladungsübertragung nahezu die gesamte Ladung der Sensorkapazität C_s auf den Kondensator 13. Dabei sinkt die Spannung auf dem Schaltungsknoten 5 auf einen Wert, der zwischen Masse-Potential und Betriebsspannung U_0 liegt.

Die Steuerschaltung 15 steuert dann eine Vielzahl von derartigen Schaltzyklen an, so dass die Sensorelektrode 1 mehrfach auf Betriebsspannung U_0 aufgeladen wird und anschließend mehrfach einen Teil dieser Ladung auf den Kondensator 13 über den Schaltungsknoten 5 übertragen wird. Ein Teil der auf der Sensorelektrode 1 während des Verbindens mit der Betriebsspannung 14 angesammelten Ladung wird jedoch auf die Koppelkapazität C_K 7 übertragen. In Abhängigkeit von der Größe der Sensorkapazität C_S und der Koppelkapazität C_K stellt sich nach einer Vielzahl von Schaltzyklen eine Spannung über dem Kondensator 13 ein, die von der Größe der zu erfassenden Sensorkapazität abhängt. Dies soll anhand der Figur 4 näher erläutert werden.

Figur 4 veranschaulicht die Spannungsverhältnisse zu Beginn und am Ende eines Umlade-Intervalls (zweiten Abschnitts des Schaltzyklus) zu einem Zeitpunkt, bei dem sich die Aufladung des Kondensators 13 (C_L) nicht weiter ändert, also die Spannung U_L nicht weiter ändert, also die Spannung U_L über dem Kondensator 13 einen stationären Zustand erreicht hat.

Auf der linken Seite ist der Beginn des Umlade-Intervalls dargestellt. Zu diesem Zeitpunkt trennen die beiden Schaltvorrichtungen 8 und 9 die beiden Kapazitäten C_S und C_K von

der Betriebsspannung U_0 14. Zu diesem Zeitpunkt ist die Kapazität C_S auf die Spannung U_0 aufgeladen, so dass die Ladung $Q_{S1} = U_0 C_S$ beträgt. Die Ladung auf der Kapazität C_K ist Null ($Q_{K1} = 0$).

Dann beginnt das Umlade-Intervall, dessen Ende auf der rechten Seite der Figur 4 dargestellt ist. Hierbei kann aufgrund des Umstands, dass sich über dem Kondensator C_L ein stationärer Zustand eingestellt hat, sich also dessen Spannung U_L nicht mehr ändert, davon ausgegangen werden, dass keine Ladung von dem Knoten 5 über die Schaltvorrichtung 8 zu dem Kondensator C_L 13 abfließt. Dies ist durch die Gleichung $Q = 0$ in Figur 4 dargestellt. Am Ende des Umlade-Intervalls kann ferner davon ausgegangen werden, dass zwischen dem ersten Schaltungsknoten 5 und Masse und somit über sämtlichen drei Kapazitäten C_L, C_S und C_K dieselbe Spannung, nämlich U_L, abfällt. Daraus folgt, dass die Ladung der Kapazität C_S sich wie folgt berechnet: $Q_{S2} = U_L * C_S$. Die Ladung auf der Koppelkapazität C_K beträgt: $Q_{K2} = U_L * C_K$.

Da während des Umlade-Intervalls keine Ladung durch die Schaltvorrichtung 8 abfloss, muss die auf den Kapazitäten C_S und C_K vorhandene Kapazität zu Beginn und zum Ende des Umlade-Intervalls gleich sein: $Q_{S1} + Q_{K1} = Q_{S2} + Q_{K2}$.

Wie in Figur 4 unten dargestellt, ergibt sich daraus eine Gleichung zur Berechnung der sich über der Integratorkapazität C_L des Kondensators 13 einstellenden Spannung U_L:

$$U_L = U_0 * 1/(1 + C_K/C_S).$$

Somit ist die sich im stationären Zustand über der Integratorkapazität C_L einstellende Spannung ein Maß für die zu erfassende Kapazität C_S der Sensorelektrode 1 gegenüber der Masse 4.

Aus der Gleichung ergibt sich weiterhin, dass die Koppelkapazität so dimensioniert werden sollte, dass sie im Bereich der zu messenden Kapazität C_S liegt. Wird die Koppelkapazität kleiner als die zu messende Kapazität, so ist die Änderung der gemessenen Spannung in Abhängigkeit von der Änderung der zu messenden Kapazität geringer; wird die Koppelkapazität wesentlich größer gewählt, so ist der Absolutbetrag der zu messenden Spannung zu gering. Wenn

beispielsweise die zu messende Kapazität im Bereich zwischen 20 pF und 100 pF liegen kann, so sollte die Koppelkapazität beispielsweise im Bereich von 100 pF gewählt werden.

Figur 2 zeigt eine zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen kapazitiven Sensors. Gleiche oder vergleichbare Elemente sind mit denselben Bezugszeichen wie in Figur 1 gekennzeichnet. Die Sensorelektrode 1 weist wiederum eine Kapazität C_S 3 gegenüber dem Masse-Potential 4 auf. Die sich zwischen der Sensorelektrode 1 und der Koppelelektrode 2 einstellende Koppelkapazität C_K ist wiederum durch eine gestrichelt dargestellten Kondensator 7 veranschaulicht. Die Koppelektrode 2 ist wiederum mit dem zweiten Schaltungsknoten 6 gekoppelt, der mit der zweiten Schaltvorrichtung 9 verbunden ist, wobei die zweite Schaltvorrichtung 9 den Knoten 6 entweder mit der Betriebsspannung U_0 14 oder mit dem Masse-Potential 4 verbindet.

Eine erste Änderung gegenüber der Schaltung gemäß Figur 1 ergibt sich in der Ankopplung des Kondensators 13‘. Der Kondensator 13‘ ist bei der Ausführungsform gemäß Figur 2 unmittelbar mit dem ersten Schaltungsknoten 5 verbunden, der mit der Sensorelektrode 1 gekoppelt ist. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, den anderen Anschluss des Kondensators 13‘, der bei der Anordnung gemäß Figur 1 fest mit dem Masse-Potential 4 gekoppelt war, über eine weitere Schaltvorrichtung mit dem Masse-Potential 4 zu koppeln.

Eine zweite Abweichung gegenüber der Ausführungsform gemäß Figur 1 ergibt sich dadurch, dass sämtliche Schaltvorrichtungen durch Schaltbauelemente innerhalb der Port-Schaltungen eines Mikrocontrollers 18 ausgeführt sind. So ist der erste Schaltungsknoten 5 mit einem ersten Port 19 eines Mikrocontrollers 18 verbunden. Der masseseitige Anschluss des Kondensators 13‘ ist mit einem zweiten Port 20 des Mikrocontrollers 18 verbunden. Der Schaltungsknoten 6 ist mit einem dritten Port 21 des Mikrocontrollers 18 verbunden. Der Mikrocontroller 18 ist so programmiert, dass er den ersten Port 19 wahlweise mit der Betriebsspannung U_0 oder mit dem Eingang 11 einer in dem Mikrocontroller 18 enthaltenden

Messschaltung 10 koppeln kann. Der zweite Port 20 ist so programmiert, dass er den Anschluss des Kondensators 13‘ entweder hochohmig entkoppeln oder mit Masse-Potential 4 koppeln kann. Die Schaltbauelemente des ersten Ports 19 sind insgesamt mit dem Bezugszeichen 8‘ und die Schaltbauelemente des zweiten Ports 20 mit 8“ bezeichnet. Der dritte Port 21 ist so programmiert, dass er entweder mit der Betriebsspannung U_0 oder mit dem Masse-Potential 4 verbunden werden kann. Die Steuerschaltung 15 befindet sich ebenfalls in dem Mikrocontroller 18 und wird hier durch die üblichen Bestandteile des Mikrocontrollers, nämlich einen Mikroprozessor, Program- und Datenspeicher, Bussysteme und entsprechende Port-Schaltungen realisiert.

Programmgesteuert laufen dann in dem Mikrocontroller 18 folgende Vorgänge ab, die zu einer Messung der Sensorkapazität C_S führen. Zu Beginn ist wiederum der Kondensator 13‘ entladen und sind die Ports 19 und 21 mit der Betriebsspannung U_0 gekoppelt. Zugleich wird der untere Anschluss des Kondensators 13‘ entkoppelt, das heißt der Port 20 hochohmig geschaltet (es ist hier unbedingt erforderlich, dafür zu sorgen, dass dann, wenn der Port 19 auf Betriebsspannung U_0 geschaltet ist, der Port 20 unter keinen Umständen auf Masse-Potential geschaltet werden darf, weil dies zu einem sofortigen Aufladen der relativ großen Kapazität 13 auf die volle Betriebsspannung führen würde, wobei die dabei auftretenden Ströme zu einer Zerstörung der Controllerschaltung führen könnten.

Anschließend veranlasst die durch Programmabarbeitung realisierte Steuerschaltung 15 des Mikrocontrollers 18 ein mehrfaches Umschalten der Ports in der in Figur 2 schematisch dargestellten Konfiguration. Hierbei wird wiederum in einem ersten Abschnitt jedes Schaltzyklus die Sensorkapazität C_S auf U_0 aufgeladen, während in einem zweiten Abschnitt das Umladen der Ladungen von C_S auf den Kondensator 13‘ bzw. auf die Koppelkapazität C_K stattfindet, wie es bereits anhand von Figur 4 beschrieben worden ist. Im Ergebnis wird der Kondensator 13‘ wiederum auf eine Spannung aufgeladen, die ein Maß für die Sensorkapazität C_S darstellt.

Figur 3 zeigt ein Schaltbild eines Ausführungsbeispiels der ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen kapazitiven Annäherungssensors, das insbesondere die an den Anschlüssen zu den Sensorelektroden 1, 2 vorhandenen Schutzschaltungen und die Eingangsbeschaltung der Messschaltung 10 näher veranschaulicht. Die Messschaltung 10 enthält hierbei einen Analog-Digital-Umsetzer, und die Integratorkapazität ergibt sich aus einem ersten Kondensator und einem nachgeschalteten Tiefpassfilter, beispielsweise mit den dargestellten Kapazitäts- und Widerstandswerten.

Die Sensorelektrode 1 und auch die Koppelelektrode 2 sind mit dem ersten Schaltungsknoten 5 bzw. dem zweiten Schaltungsknoten 6 über eine im Vergleich zu den zu messenden Kapazitäten relativ große Kapazität (in Figur 3 beispielsweise 100 nF) verbunden, wobei die Kapazität durch einen relativ großen Widerstand (hier 100 kΩ) überbrückt ist. Ferner enthält die Kopplung zwei relativ kleine Widerstände von beispielsweise 10 Ω, zwischen die eine Schutzdiode nach Masse geführt ist, die ggf. an den Elektroden durch Einwirkung von Fremdquellen auftretende Überspannungen nach Masse ableiten soll. Diese Schutzschaltungen beeinflussen die Aufladezeitkonstante für die Sensorelektrode und die für die Koppelelektrode, wobei die Widerstandswerte allerdings so gewählt sind, dass die sich ergebenden Zeitkonstanten stets weit unter der halben Schaltdauer der von der Steuerschaltung 15 vorgegebenen Umschaltung liegen.

Patentansprüche

1. Kapazitiver Annäherungssensor für ein Kraftfahrzeug mit einer Sensorelektrode (1), wobei Änderungen der Kapazität (3; C_S) der Sensorelektrode (1) gegenüber einer auf einem Bezugspotential (4) liegenden Oberfläche (4A) erfasst werden sollen,

wobei der kapazitive Annäherungssensor aufweist:

einen mit der Sensorelektrode (1) gekoppelten ersten Schaltungsknoten (5), der über eine erste Schaltvorrichtung (8) entweder mit einem fixen Spannungspotential (14) oder mit dem Eingang (11) einer Messschaltung (10) gekoppelt werden kann,

wobei die erste Schaltvorrichtung (8; 8‘, 8“) dann, wenn sie den ersten Schaltungsknoten (5) mit dem Eingang (11) der Messschaltung (10) koppelt, zugleich eine Integratorkapazität (13; C_L) zwischen dem ersten Schaltungsknoten (5) und dem Bezugspotential (4) einkoppelt,

wobei die Messschaltung (10) zum Bestimmen einer über der Integratorkapazität (13) anliegenden Spannung dient,

eine Koppelkapazität (7; C_K), die zwischen der Sensorelektrode (1) und einem zweiten Schaltungsknoten (6) eingekoppelt ist, wobei der zweite Schaltungsknoten (6) über eine zweite Schaltvorrichtung (9) entweder mit dem fixen Spannungspotential (14) oder mit dem Bezugspotential (4) gekoppelt werden kann,

eine Steuerschaltung (15), die die erste Schaltvorrichtung (8; 8‘, 8“) und die zweite Schaltvorrichtung (9) zumindest näherungsweise synchron derart ansteuert, dass dann, wenn die erste Schaltvorrichtung (8; 8‘, 8“) den ersten Schaltungsknoten (5) mit dem fixen Spannungspotential (14) koppelt, die zweite Schaltvorrichtung (9) den zweiten Schaltungsknoten (6) nicht mit dem Bezugspotential (4) koppelt, und dann, wenn die erste Schaltvorrichtung (8) den ersten Schaltungsknoten (5) mit der Messschaltung (10) koppelt, die zweite Schaltvorrichtung (9) den zweiten

Schaltungsknoten (6) nicht mit dem fixen Spannungspotential (14) koppelt,

wobei die Steuerschaltung (15) die erste und die zweite Schaltvorrichtung (9, 8; 8‘, 8“) mehrfach solange umschaltet, bis die über der Integratorkapazität (13) anliegende Spannung zumindest näherungsweise einen stationären Zustand erreicht hat, und danach die Messschaltung (10) veranlasst, die über der Integratorkapazität (13) anliegende Spannung oder deren Änderung gegenüber einem Referenzwert als Maß für die Kapazität der Sensorelektrode (1) bzw. deren Änderung zu bestimmen.

2. Kapazitiver Annäherungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Bezugspotential ein Masse-Potential (4) und das fixe Spannungspotential ein Versorgungsspannungspotential (14) ist.

3. Kapazitiver Annäherungssensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Koppelkapazität (7) eine sich zwischen der Sensorelektrode (1) und einer in festem Abstand benachbart zur Sensorelektrode (1) angeordneten Koppelelektrode (2) ausbildende Kapazität (C_K) ist.

4. Kapazitiver Annäherungssensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorelektrode (1) ein Außenleiter einer Koaxialleitung und die Koppelelektrode (2) ein Innenleiter der Koaxialleitung ist.

5. Kapazitiver Annäherungssensor nach einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Integratorkapazität (C_L) von einem Kondensator (13‘) gebildet wird, dessen einer Anschluss mit dem ersten Knoten (5) verbunden ist, und dass die erste Schaltvorrichtung einen ersten Schalter (8‘) und einen zweiten Schalter (8“) umfasst, wobei der erste Schalter (8‘) den ersten Schaltungsknoten (5) entweder mit dem fixen Spannungspotential (14) oder mit dem Eingang (11) der Messschaltung (10) koppelt und wobei der zweite Schalter (8‘) den

anderen Anschluss des Kondensators (13‘) entweder offen lässt oder mit dem Bezugspotential (4) koppelt.

6. Kapazitiver Annäherungssensor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Schaltvorrichtung (9) sowie der erste Schalter (8‘) und der zweite Schalter (8“) der ersten Schaltvorrichtung jeweils von einem Port (19 - 21) eines die Messschaltung (10) enthaltenden Mikrocontrollers (18) gebildet werden.

7. Kapazitiver Annäherungssensor nach einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Integratorkapazität (C_L) von einem zwischen dem Eingang (11) der Messschaltung (10) und dem Bezugspotential (4) eingekoppelten Kondensator (13) oder von einem zwischen der ersten Schaltvorrichtung (8) und dem Eingang (11) der Messschaltung (10) eingekoppelten, als Tiefpass geschalteten RC-Netzwerk gebildet wird.

8. Kapazitiver Annäherungssensor nach einem der Ansprüche 1 - 7, dadurch gekennzeichnet, dass die von der Steuerschaltung (15) veranlassten Umschaltungen der Schaltvorrichtungen (9, 8; 8‘, 8“) mit einer Periodendauer ausgeführt werden, die mindestens um den Faktor 10 größer ist als die Zeitkonstante des Aufladens der Sensorkapazität (3) bei deren Kopplung mit dem fixen Spannungspotential (14).

9. Kapazitiver Annäherungssensor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die von der Steuerschaltung (15) veranlassten Umschaltungen der Schaltvorrichtungen (9, 8; 8‘, 8“) mit einer Frequenz zwischen 10 kHz und 100 MHz, vorzugsweise mit einer Frequenz zwischen 100 kHz und 10 MHz, ausgeführt werden.

10. Kapazitiver Annäherungssensor nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die von der Steuerschaltung (15) veranlasste Anzahl der Umschaltungen der Schaltvorrichtungen (9, 8; 8‘, 8“) vor dem Bestimmen der über der

Integratorkapazität anliegenden Spannung vom Verhältnis der Integratorkapazität zu der zu messenden Kapazität der Sensorelektrode (1) abhängt, wobei die Integratorkapazität so dimensioniert ist, dass die über der Integratorkapazität anliegende Spannung nach etwa 10 bis 1000 Umschaltungen näherungsweise den stationären Zustand erreicht.

11. Kapazitiver Annäherungssensor nach einem der Ansprüche 7 – 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltvorrichtungen (9, 8; 8‘, 8“) Analogschalter sind, die eine Break-before-Make-Charakteristik haben.

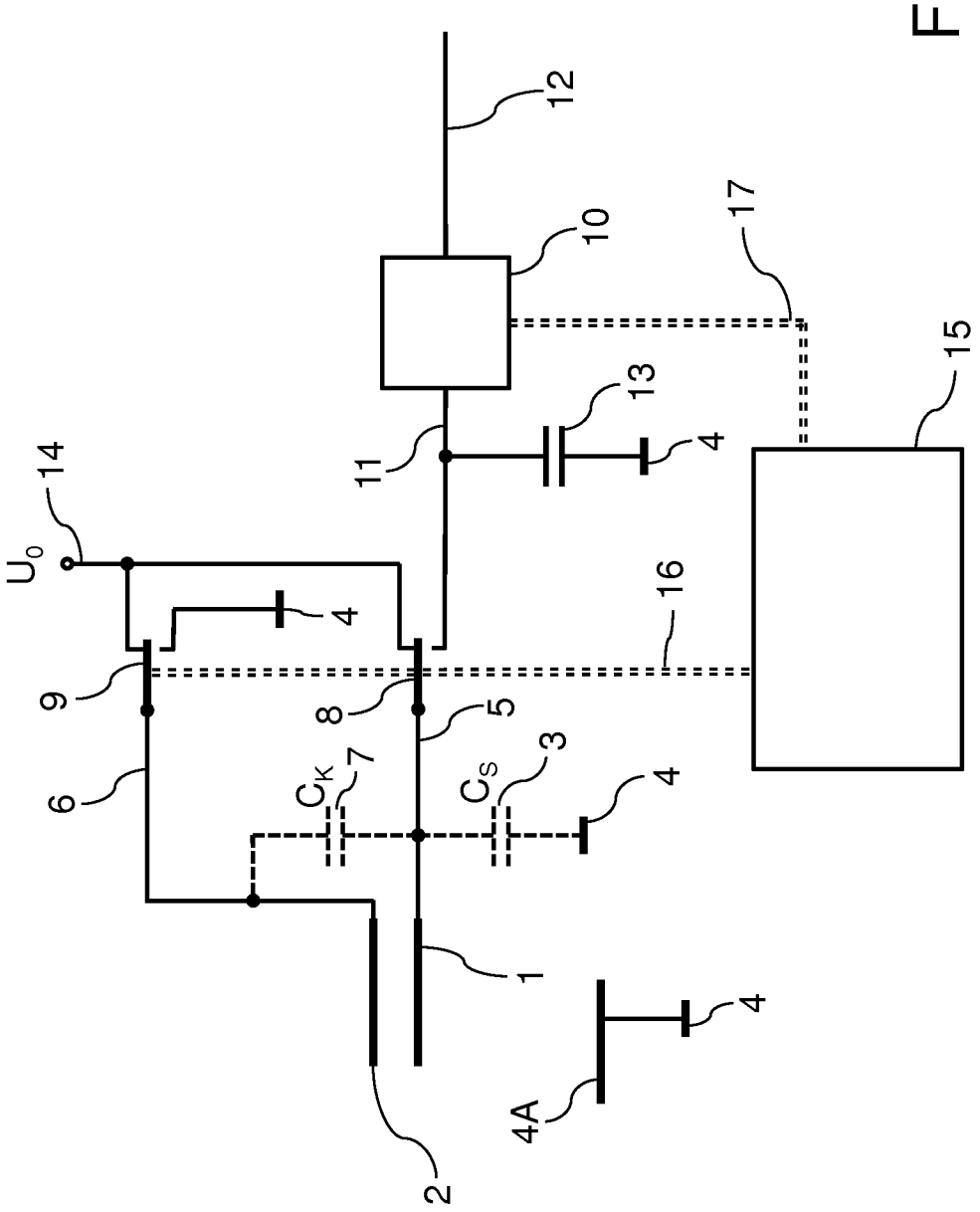


Fig. 1

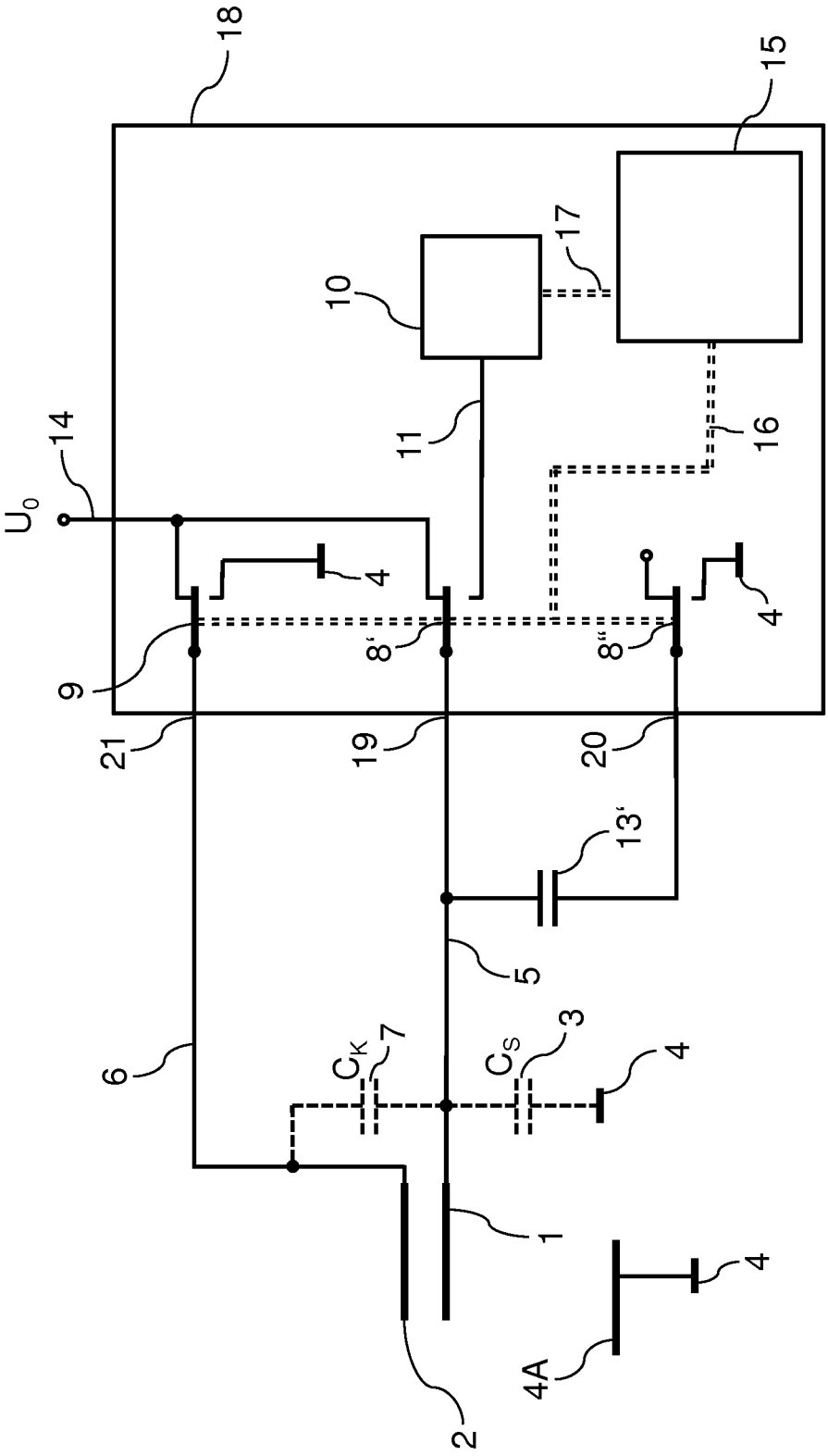


Fig. 2

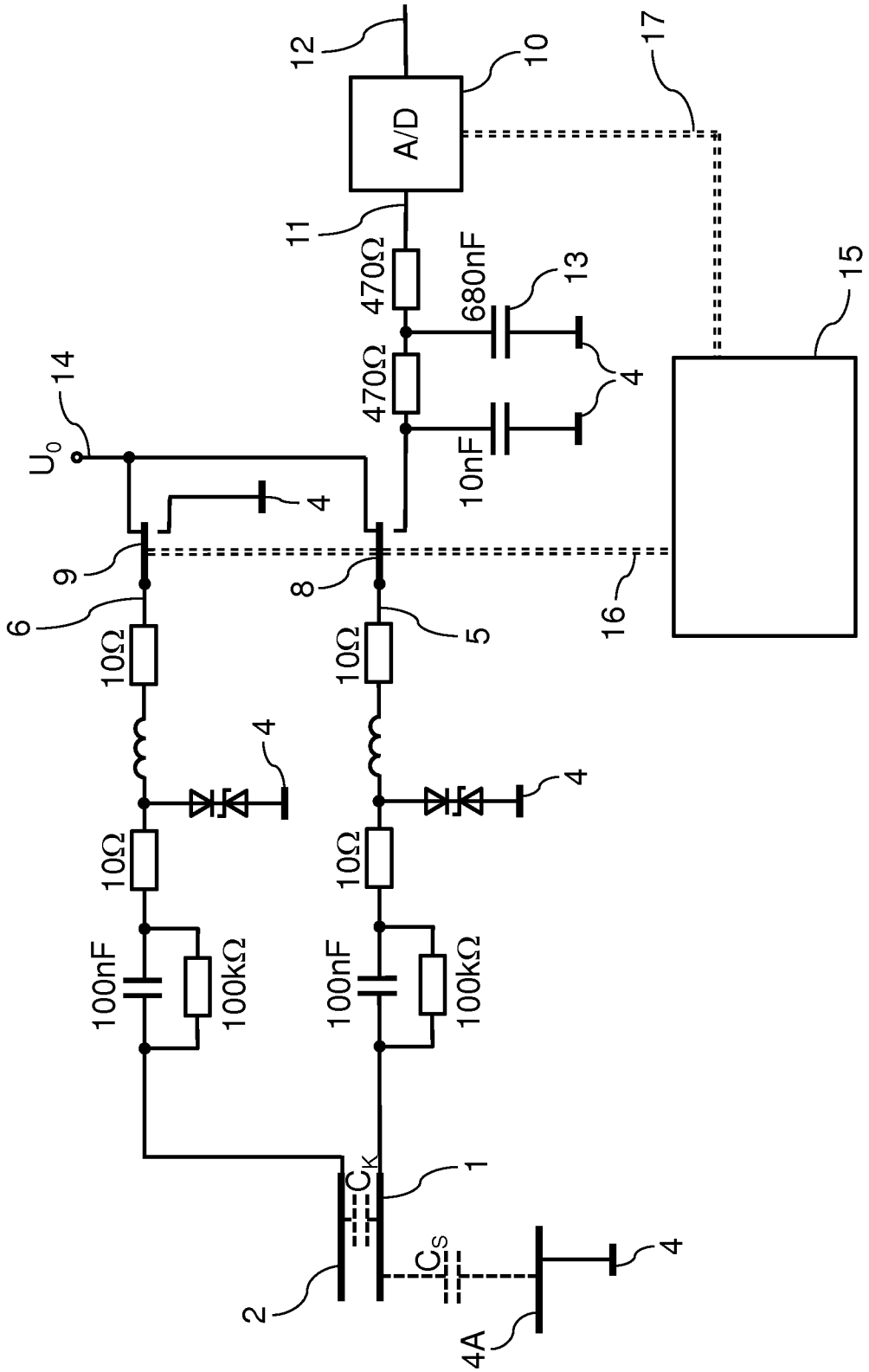

12
A/D
10
17
11
470Ω
680nF
13
15
470Ω
4
U_0
14
10nF
4
9
8
6
5
16
10Ω
10Ω
4
4
10Ω
10Ω
100nF
100kΩ
100nF
100kΩ
C_K
1
C_S
2
4
4A

Fig. 3

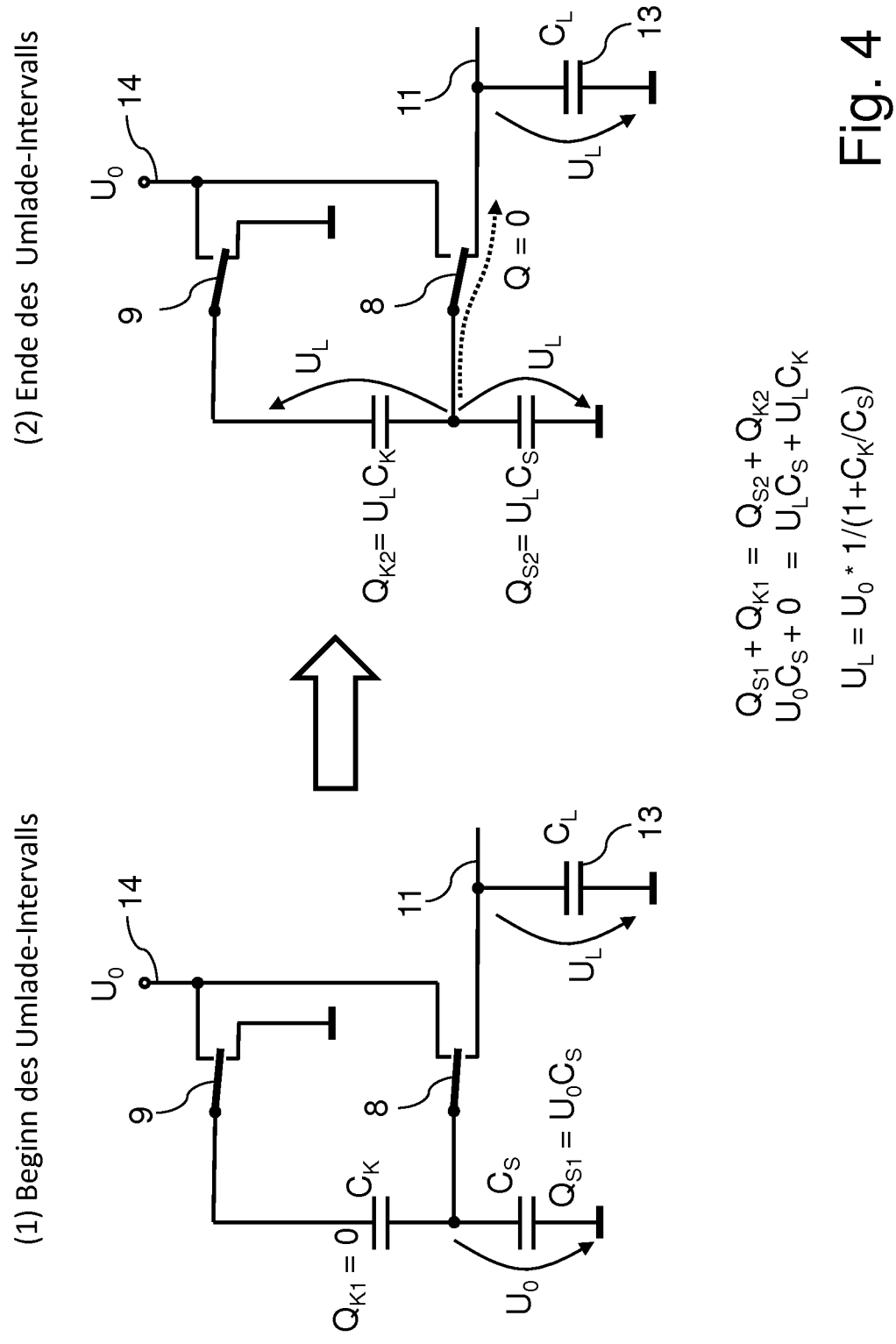

(1) Beginn des Umlade-Intervalls
(2) Ende des Umlade-Intervalls
U_0
14
9
8
11
13
C_L
C_K
C_S
U_L
$Q_{K1} = 0$
$Q_{S1} = U_0C_S$
$Q_{K2} = U_LC_K$
$Q_{S2} = U_LC_S$
$Q = 0$
$Q_{S1} + Q_{K1} = Q_{S2} + Q_{K2}$
$U_0C_S + 0 = U_LC_S + U_LC_K$
$U_L = U_0 * 1/(1+C_K/C_S)$

Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/061677

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H03K17/955
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, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2010/045662 A2 (AZOTEQ PTY LTD [ZA]; BRUWER FREDERICK JOHANNES [ZA]; MELLET DIETER SYD) 22 April 2010 (2010-04-22)	1,2,5-11
Y	paragraphs [0001] - [0037]; claim 1; figures 1-4	3,4

Y	US 2007/089527 A1 (SHANK DAVID W [US] ET AL) 26 April 2007 (2007-04-26)	3,4
A	abstract paragraphs [0094] - [0105]; figures 2,3,71	1,2,5-11

A	EP 1 848 111 A2 (BEIJING SIGMACHIP CO LTD [CN]) 24 October 2007 (2007-10-24) figure 1	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	Date of mailing of the international search report
11 September 2013	18/09/2013

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Meulemans, Bart

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2013/061677

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2010045662 A2	22-04-2010	EP 2351220 A2	03-08-2011
		US 2011148440 A1	23-06-2011
		WO 2010045662 A2	22-04-2010
US 2007089527 A1	26-04-2007	US 2007089527 A1	26-04-2007
		US 2008011093 A1	17-01-2008
		US 2009158857 A1	25-06-2009
		US 2011163764 A1	07-07-2011
EP 1848111 A2	24-10-2007	CN 1832349 A	13-09-2006
		EP 1848111 A2	24-10-2007
		US 2007247172 A1	25-10-2007

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/061677

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H03K17/955
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, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2010/045662 A2 (AZOTEQ PTY LTD [ZA]; BRUWER FREDERICK JOHANNES [ZA]; MELLET DIETER SYD) 22. April 2010 (2010-04-22)	1,2,5-11
Y	Absätze [0001] - [0037]; Anspruch 1; Abbildungen 1-4	3,4

Y	US 2007/089527 A1 (SHANK DAVID W [US] ET AL) 26. April 2007 (2007-04-26)	3,4
A	Zusammenfassung Absätze [0094] - [0105]; Abbildungen 2,3,71	1,2,5-11

A	EP 1 848 111 A2 (BEIJING SIGMACHIP CO LTD [CN]) 24. Oktober 2007 (2007-10-24) Abbildung 1	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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
11. September 2013	18/09/2013

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	Meulemans, Bart

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/061677

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2010045662 A2	22-04-2010	EP 2351220 A2	03-08-2011
		US 2011148440 A1	23-06-2011
		WO 2010045662 A2	22-04-2010
US 2007089527 A1	26-04-2007	US 2007089527 A1	26-04-2007
		US 2008011093 A1	17-01-2008
		US 2009158857 A1	25-06-2009
		US 2011163764 A1	07-07-2011
EP 1848111 A2	24-10-2007	CN 1832349 A	13-09-2006
		EP 1848111 A2	24-10-2007
		US 2007247172 A1	25-10-2007