

(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. Mai 2010 (27.05.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/057625 AI

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

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP2009/0082 13**

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. November 2009 (18.1.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 057 823.1
18. November 2008 (18.1.2008) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **IDENT TECHNOLOGY AG** [DE/DE]; Argelsrieder Feld 5, 82234 Wessling (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **FASSHAUER, Peter** [DE/DE]; Kiem-Pauli-Weg 67, 85579 Neubiberg (DE).

(74) Anwalt: **RÖSSIG, Rolf; BECK & RÖSSIG**, Cuvilliesstrasse 14, 81679 München (DE).

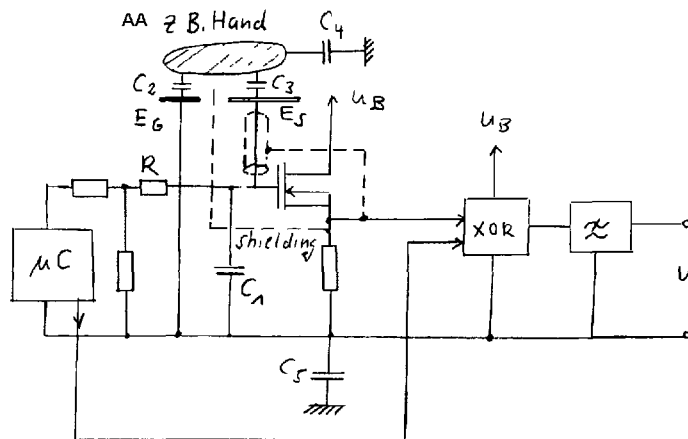
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: CAPACITIVE SENSOR SYSTEM

(54) Bezeichnung : KAPAZITIVES SENSORSYSTEM



AA manually, for example

Fig. 1a

(57) **Abstract:** The invention relates to a capacitive sensor System, in particular for detecting the approach of objects and in particular also for gesture recognition. The problem of the present invention is to provide a capacitively operating sensor System, which can be implemented with low component complexity and thus low costs and space requirements and is also characterized by low power consumption, so as to operate with batteries having a low Charge capacity and/or a long operating time. Said problem is solved according to the invention by a circuit configuration for generating an Output signal correlating with an approximation process based on changes in the dielectric properties of the surroundings of a sensor electrode, having a sensor electrode which is adjacent to an observation area in at least some sections, a microcontroller circuit (μC) for Output of an alternating voltage, a voltage divider circuit for achieving an adjustment of the level of the alternating voltage Output by the microcontroller (μC), and a field effect transistor (FET) in the function of an impedance Converter, wherein the field effect transistor is incorporated into the circuit configuration in such a way that the voltage Output by the voltage divider circuit is present at the gate input thereof and at the same time at the sensor electrode (ES).

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2010/057625 AI

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Die Erfindung richtet sich auf ein kapazitives Sensorsystem insbesondere zur Erfassung von Objektannäherungen sowie insbesondere auch zur Gestenerkennung. Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein kapazitiv arbeitendes Sensorsystem bereitzustellen, das mit geringem Bauteilaufwand und damit geringen Kosten und Platzbedarf realisierbar ist und sich zudem auch durch einen niedrigen Stromverbrauch auszeichnet, um mit Batterien geringer Ladungskapazität bzw. hoher Betriebsdauer arbeiten zu können. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Schaltungsanordnung zur Generierung eines mit einem Näherungsvorgang korrelierenden Ausgangssignales aufgrund von Änderungen der dielektrischen Eigenschaften der Umgebung einer Sensorelektrode, mit einer Sensorelektrode die zumindest abschnittsweise an einen Observationsbereich angrenzt, einer MikroController-schaltung (μC) zur Ausgabe einer alternierenden Spannung, einer Spannungsteilerschaltung zur Bewerkstelligung einer Pegelanpassung der seitens des Mikrokontrollers (μC) ausgegebenen alternierenden Spannung, und einem Feldeffekttransistor (FET) in der Funktion eines Impedanzwandlers, wobei der Feldeffekttransistor derart in die Schaltungsanordnung eingebunden ist, dass die seitens der Spannungsteilerschaltung ausgegebene Spannung an dessen Gate-Eingang und gleichzeitig an der Sensorelektrode (ES) anliegt.

Kapazitives Sensorsystem

Gebiet der Erfindung

Die Erfindung richtet sich auf ein kapazitives Sensorsystem insbesondere zur Erfassung von Objektannäherungen sowie insbesondere auch zur Gestenerkennung. Die Erfindung betrifft dabei ein Sensorsystem, bei welchem auf der Basis elektrischer Nahfelder die Annäherung bzw. Bewegung typischerweise einer Hand oder eines Fingers detektiert wird und hieraus Informationen abgeleitet werden, die zur Steuerung von Schaltvorgängen oder zum Erkennen einer räumlichen Geste herangezogen werden können.

Hintergrund der Erfindung

Insbesondere zur Gestenerkennung gibt es optische Verfahren im sichtbaren oder Infrarot-Bereich. Ferner sind kapazitiv wirkende Systeme bekannt, die über die Übertragung oder Störung eines elektrischen Feldes die erforderlichen Informationen gewinnen. Der schaltungstechnische Aufwand und die mit der Realisierung derartiger System verbundenen Kosten sind bislang hoch. Ein weiterer Problempunkt bei den herkömmlichen Systemen besteht darin, dass bei Anwendungen, die einen Batteriebetrieb erfordern, der Strombedarf solcher Sensoren entscheidend für die praktische Einsetzbarkeit ist. Weiterhin sind bei manchen Anwendungen die Bauteilkosten und der Raumbedarf von Bedeutung, die bzw. der bei Massen-Anwendungen, z.B. im Bereich der Spielzeugindustrie für die Einsatzmöglichkeit ausschlaggebend sein können.

Für ein kapazitives Sensorsystem ist die Auswertung der Kapazitätsänderung eines RC-Tiefpassgliedes bekannt. Als Anregungssignal wird hierbei eine sinusförmige Spannung oder auch ein Rechtecksignal verwendet. Als Signalindikator für die Änderung wird die Amplitude oder die Phase bzw. die Zeitverschiebung gegenüber einem Referenzsignal ausgewertet. Bei beiden Ansätzen (Amplitude oder Phase) kommt es auf die relative Änderung $\Delta C/C$ der Kapazitätsänderung gegenüber einer Grundkapazität C an, da hierdurch die

Sensorempfindlichkeit bzw. die maximale Detektionsreichweite des Sensors bestimmt wird. Eine möglichst geringe Grundkapazität ist daher für eine maximale Empfindlichkeit anzustreben.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein kapazitiv arbeitendes Sensorsystem bereitzustellen, das mit geringem Bauteileaufwand und damit geringen Kosten und Platzbedarf realisierbar ist und sich zudem auch durch einen niedrigen Stromverbrauch auszeichnet, um mit Batterien geringer Ladungskapazität bzw. hoher Betriebsdauer arbeiten zu können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Schaltungsanordnung mit den in Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

Durch mehrere derartige Systeme ist es möglich eine 2- oder 3-dimensionale Positionserfassung zu bewerkstelligen. Es ist auch möglich, mehrere Sensorelektroden vorzusehen, und diese über eine Multiplexereinrichtung sukzessive an die Schaltung anzukoppeln. Diese Multiplexerschaltung kann durch den Mikrokontroller getriggert werden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Kurzbeschreibung der Figuren

Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung in Verbindung mit der Zeichnung. Es zeigt:

Figur 1a eine Schaltungsskizze zur Veranschaulichung des Aufbaus einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung;

Figur 1b ein Ersatzschaltbild zur weiteren Veranschaulichung der im Rahmen einer Objektannäherung hinsichtlich ihrer Kapazität veränderten Kondensatoreinrichtungen,

Figur 2 ein Diagramm zur Veranschaulichung des Spannungsaufbaus;

- Figur 3** ein weiteres Diagramm zur Veranschaulichung des Spannungsaufbaus;
- Figur 4** eine Skizze zur Veranschaulichung des Einsatzes einer erfindungsgemäßen Schaltung bei einer Computermaus;
- Figur 5** eine Skizze zur Veranschaulichung des Einsatzes eines mehrere Detektionselektroden umfassenden Gestenerfassungssystems;
- Figur 6** zwei Skizzen zur Veranschaulichung der Realisierung erfindungsgemäßer Gestenerfassungssystem unter Verwendung relativ nahe nebeneinanderliegender Detektionselektroden.

Ausführliche Beschreibung der Figuren

In Figur 1a ist eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung dargestellt. Diese umfasst einen kapazitiv arbeitenden, erfindungsgemäß aufgebauten Näherungssensor. Diese Schaltungsanordnung kann durch Mehrfachausführung zu einem Sensorsystem für eine Gestenerkennung erweitert werden.

Zunächst wird die Funktionsweise dieser in Figur 1a dargestellten Anordnung näher erläutert. Mit einer von einem MikroController (μC) gelieferten Rechteckspannung im Frequenzbereich von vorzugsweise 80 bis 120 kHz kommt es nach einer Pegelanpassung des Signales durch einen Spannungsteiler auf eine Amplitude u_0 am Gate-Eingang eines Feldeffekttransistors (FET) aufgrund von mehreren dort wirkenden kapazitiven Einflüssen, gekennzeichnet durch C1 bis C5, zu einer exponentiellen Aufladung und Entladung wie in Figur 2 veranschaulicht.

Die parasitären Kapazitäten werden einmal gebildet durch die Feldkopplung zwischen einer mit E_s bezeichneten Signalelektrode und einer Groundelektrode E_g der Schaltungsanordnung (C1) und zum anderen durch Kopplungskapazitäten C2 und C3 von einer sich an diese Elektroden nähernden Hand.

Die Kapazitäten C_4 und C_5 sind Kopplungskapazitäten der Hand bzw. des Schaltungsgrounds gegen Erde. Zunächst wird die Auf- und Entladung im Grundzustand ohne Annäherung ($C_2 = C_3 = C_4 = 0$) betrachtet, wodurch nur C_1 wirksam ist. Der Verlauf zum Erreichen eines bestimmten Schwellwertes u_{s1} sei t_1 . Die Entladung erfolgt dann nach einer halben Periodendauer T des Rechtecksignals entsprechend U_E und erreicht nach einer Zeit t_2 wieder einen Schwellwert u_{s2} .

Daher gilt:

$$u_{s1} = u_0 (1 - e^{-t_1/RC_1}) \quad u_{s2} = U_0 e^{-t_2/RC_1} \quad (1)$$

Hieraus ergibt sich dann für die Schaltzeiten

$$t_1 = -RC_1 \ln(1 - u_{s1}/u_0) \quad t_2 = -RC_1 \ln(u_{s2}/u_0) \quad (2)$$

Bei einer Kapazitätsänderung um ΔC auf $C_1 + \Delta C$ beträgt dann die Zeitverschiebung bei den Schwellwerten

$$\Delta t_1 = -R\Delta C \ln(1 - u_{s1}/u_0) \quad \text{und} \quad \Delta t_2 = -R\Delta C \ln(u_{s2}/u_0) \quad (3)$$

Die gesamte Zeitverschiebung ist dann

$$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 = R\Delta C [\ln(u_0/u_{s2}) - \ln(1 - u_{s1}/u_0)] \quad (4)$$

G1.4 zeigt, dass Δt umso größer wird, je näher die Schwelle u_{s1} an u_0 liegt und je kleiner u_{s2} im Verhältnis zu U_0 wird. Dies bedeutet, dass bei der Wahl der Schwellwerte eine geeignete Hysterese eines Schwellwertentscheiders günstig ist.

Im Falle $u_{s1} = u_{s2}$ ist es vorteilhaft, entweder die Schwelle möglichst nahe an u_0 oder 0 zu legen, da dann einer der beiden Terme in G1.4 möglichst groß wird. Ferner ist die Zeitverschiebung und damit die Empfindlichkeit des Sensors umso höher, je größer der Ladewiderstand R und je größer die Kapazitätsänderung ΔC wird. Der Ladewiderstand darf dabei maximal so groß werden, dass es jeweils während einer Halbperiode $T/2$ des Rechtecksignals noch zu einer nahezu vollständigen Auf- und Entladung am Gate-Eingang eines Feldeffekttransistors kommt.

Da R möglichst groß werden soll, hängt diese Forderung entscheidend von der zwischen Gate und Ground wirksamen Kapazität C_I ab (siehe Fig. 1a). Diese Grundkapazität der Schaltungsanordnung setzt sich aus mehreren parasitären Einzelkapazitäten zusammen. Ein Anteil wird gebildet von der Gate-Source Kapazität des FET, die in ihrer Wirkung auf den Eingang infolge einer Gegenkopplung durch den Source-Widerstand erheblich reduziert wird. In einer Versuchsschaltung erreicht man hierdurch Werte von ca. 0,2 pF.

Einen weiteren Beitrag zu C_I liefert die Kopplungskapazität zwischen der Signalelektrode E_S und der mit Ground verbundenen Elektrode E_G . Um diese zu minimieren kann dazwischen eine sog. Shield-Elektrode eingefügt werden, die am Ausgang des Sourcefolgers angeschlossen wird und daher auf nahezu gleichem Potential wie das Gate liegt, wodurch die Kopplung E_S und E_G erheblich vermindert wird. Dies ist ein weiterer vorteilhafter Aspekt der FET-Stufe. Der Source Ausgang des FET kann auch dazu verwendet werden, bei weiter weg gelegenen Anschluss der Signalelektrode E_S den Schirm eines Koaxialkabels zu treiben und dadurch die Kabelkapazität zu verringern, die ebenfalls einen Beitrag zu C_I liefern würde.

Die Ausführungen zeigen auf, dass die Verwendung eines FETs in Sourcefolger-Schaltung als Eingangsstufe erhebliche Vorteile mit sich bringt und zudem den Bauteileaufwand auf ein Minimum reduziert, wodurch sowohl Strombedarf als auch die Kosten sehr gering bleiben.

Zur Auswertung der bei Annäherung erfolgten Zeitverschiebung des Auf- und Entladevorganges wird ein XOR-Gatter verwendet, dessen Eingänge über integrierte Schmitt-Trigger geschaltet werden, wodurch kein zusätzlicher Comparator für die Schaltschwellen u_{S1} und u_{S2} notwendig ist und damit weitere Bauteile eingespart werden können. Die Zeitverschiebung wird repräsentiert durch eine Gleichspannung, die mittels eines am XOR-Ausgang angeschlossenen Tiefpassfilters gewonnen wird. Bei einer Versorgungsspannung U_B ist diese dann analog zu Gl.4

$$u = RC1U_B/T [\ln(u_o/u_{S2}) - \ln(1 - u_{S1}/u_o)] \quad (5)$$

Setzt man hierin $1/T = f$, so erkennt man, dass die am Tiefpass-Ausgang gebildete Gleichspannung proportional zur Frequenz f des vom μC gelieferten Rechtecksignales ist. Da infolge unvermeidlicher Toleranzen, z.B. bei den Schwellwerten, diese Spannung in einem

Produktionsprozess unterschiedlich sein kann, besteht eine Möglichkeit zum Toleranzausgleich darin, die Signalfrequenz über den μC so zu verändern, dass sich im Fall keiner Annäherung stets eine konstante Ausgangsspannung ergibt.

Entscheidend für die Empfindlichkeit einer Näherungserkennung ist die kapazitive Änderung ΔC am Gate-Eingang, die nach Gl. 4 zu einer entsprechenden Zeitverschiebung Dt und damit am Tiefpassausgang zu einer proportionalen Spannungsänderung $\Delta u \sim \Delta C$ führt. Wie bereits oben ausgeführt wurde, hängt diese Änderung vor allem von den bei einer Annäherung wirksamen Koppelkapazitäten $C2$ bis $C5$ ab. Ein Ersatzbild (Fig. Ib) der Anordnung von Fig. Ia verdeutlicht diese Wirkungen. Eine größtmögliche Änderung ergibt sich zunächst für den Fall, dass der Groundanschluss des Sensors direkt mit Erde verbunden ist, da dann die Parallelschaltung von $C2$ und $C4$ größtmöglich wird, wodurch auch ΔC den größtmöglichen Wert erreicht. Für den Fall, dass der Groundanschluss mit Erde keine oder nahezu keine Kopplung ausweist ($C5 \sim 0$), ist die Serienschaltung von $C2$ und $C3$, d.h. den Koppelkapazitäten eines Körperteils, z.B. der Hand, zu den Elektroden E_s und E_G , für die Änderung maßgeblich. Beim Schaltungsdesign kommt es also darauf an, $C2$ und $C3$ möglichst groß und $C1$ möglichst klein (z.B. durch shielding) zu gestalten.

Die Kopplung zur Groundelektrode E_G muß nicht zwangsläufig durch eine separate Elektrode erfolgen, sondern kann je nach Anwendung auch durch eine andersartige Kopplung über z.B. die Batterien vorliegen. Durch die erfindungsgemäße Anordnung von Fig. Ia ergeben sich vielfältige Anwendungen und Gestaltungsmöglichkeiten insbesondere durch Elektrodenformen und Elektrodenkonfigurationen, wofür weiter unten Beispiele gegeben werden. Die mit Fig. Ia gegebene erfindungsgemäße Anordnung zeichnet sich nicht nur durch einen extrem geringen Aufwand an Bauteilen und damit Kosten und geringem Platzbedarf aus, sondern auch durch einen äußerst geringen Stromverbrauch im Sensor, der im wesentlichen durch den über den Sourcewiderstand des FET fließenden Strom gegeben ist. Bei Werten dieses Widerstandes im Bereich einiger $k\Omega$ lassen sich Ströme weit unter 1mA hiermit realisieren. Eine Besonderheit dieser Anordnung liegt auch darin, dass der Sensorbetrieb gepulst erfolgen kann, ohne dass hierbei besondere Einschwingprobleme auftreten. Bei Anwendungen mit Batteriebetrieb ist dies häufig eine zwingende Maßnahme, um die Batterieentladung im Bereich von nur einigen μA zu gewährleisten und damit eine entsprechend lange Betriebsdauer zu erreichen. Im Fall des Pulsbetriebes entsteht am Ausgang des Tiefpasses keine Gleichspannung mehr, sondern ein in Fig.3 dargestellter Auflade- und Entladeimpuls. Bei Annäherung steigt die

Pulsamplitude um einen Wert Δu , der dem des Dauerbetriebes nach Gl. 5 entspricht. Durch Wahl eines entsprechend niedrigen Puls/Pause -Verhältnisses lassen sich Gesamtströme einschließlich des μC von wenigen μA erreichen.

Nachstehend werden zwei Beispiele für die Anwendung der Sensoranordnung gegeben.

Im ersten Beispiel nach Figur 4 wird eine schnurlose Computermaus durch die erfindungsgemäße Sensorik bei Annäherung der Hand in den aktiven Zustand geschaltet, um den Batteriestrom auf einen geringst möglichen Wert zu begrenzen. Dazu wird die Signalelektrode an einem Teil der Innenseite der Oberschale des Gehäuses angebracht und kann noch mit einer streifenförmigen Groundelektrode umgeben werden. Die genaue Elektrodengestaltung hängt jeweils von der Form des Gehäuses ab, wobei je nach Gestaltung der Mauselektronik und der zugehörigen Batterieversorgung auf eine separate Groundelektronik möglicherweise auch verzichtet werden kann, wenn eine ausreichende Groundkopplung der Hand auch auf andere Weise, z.B. über die Batterien erfolgt. Durch Anwendung des Pulsbetriebes im Verhältnis von z.B. 1:1000 kann der Stromverbrauch aus der Batterie durch die Sensorik hiermit auf $1..2 \mu A$ reduziert werden.

Ein weiteres Beispiel für die Anwendung des Näherungssensors ist die Erkennung von Gesten mittels eines 4-Elektrodensystems, dessen Prinzip in Figur 5 im einzelnen veranschaulicht ist. Das Elektrodensystem einschließlich der zugehörigen Sensorelektronik soll dabei in möglichst kompakter Form auf kleinem Raum konzentriert bleiben, um es platzsparend in bereits vorhandene Einrichtungen vielfältiger Art integrieren zu können. Damit ergeben sich auch die oben bereits erläuterten weiteren Vorteile eines stromarmen Betriebes im Hinblick auf Batterieanwendungen sowie einer kostengünstigen Realisierung. Die Aufgabe besteht darin, aus den von den Sensoren gelieferten Informationen die x/y-Koordinaten einer Gesten-Bewegung bezüglich der von den Elektroden aufgespannten Ebene abzuleiten.

Dazu werden bei dem System nach Figur 5 die Abstände r_1 bis r_4 zu einem die Geste ausführenden Finger eingeführt. Hiermit ergeben sich in einem räumlichen x,y,z-Koordinatensystem mit dem Abstand a der Elektrodenschwerpunkte zum Ursprung die vier Gleichungen

$$r_i^2 = (x-a)^2 + y^2 + z^2 \quad (6)$$

$$r_2^2 = (x+a)^2 + y^2 + z^2 \quad (7)$$

$$r_3^2 = x^2 + (y+a)^2 + z^2 \quad (8)$$

$$r_4^2 = x^2 + (y-a)^2 + z^2 \quad (9)$$

Durch Differenzbildung von jeweils Gl. 6 und 7 bzw. 8 und 9 erhält man sofort die x/y- Koordinaten zu

$$x = (r_1^2 - r_2^2) / 4a \quad (10)$$

$$y = (r_3^2 - r_4^2) / 4a$$

Wie die Gl. 6 bis 10 zeigen, können die x/y-Koordinaten unabhängig von z in einfacher Weise berechnet werden. Dazu müssen die Abstände r_1 bis r_4 aus den Signalen bestimmt werden, die am Ausgang der 4 Sensoren S1 bis S4 anliegen. Es werden nur die Signaldifferenzen betrachtet, die sich bei Annäherung gegenüber dem Grundzustand ergeben. Diese Differenzsignale seien mit e_1 bis e_4 bezeichnet und werden aus den oben beschriebenen Kapazitätsänderungen an den jeweiligen Gates der Feldeffekttransistoren abgeleitet. Maßgeblich hierfür ist jeweils die Koppelkapazität des Fingers zu den Elektroden, die mit zunehmendem Abstand von der Elektrode geringer wird. Da die gelieferte Amplitude der Signaldifferenz nach den Ausführungen von oben proportional zur Kapazitätsänderung ist, nehmen diese Werte mit größer werdendem Abstand ab. Hierfür wird näherungsweise ein Potenzgesetz angenommen entsprechend

$$e(r) = e_o (r_o / r)^\alpha \quad (11)$$

mit einem Exponenten α , der in der Praxis je nach Elektrodenanordnung 2... 3 beträgt.

Die Auflösung von Gl. 11 nach r ergibt dann

$$r = r_o (e_o/e)^{1/\alpha} \quad (12)$$

Mit den Gl. 10 lassen sich nun die Koordinaten aus den Signalen e_1 bis e_4 berechnen zu

$$x = [(e_0/e_1)^{2/\alpha} - (e_0/e_2)^{2/\alpha}] r_0^2 / 4a \quad (13)$$

$$y = [(e_0/e_3)^{2/\alpha} - (e_0/e_4)^{2/\alpha}] r_0^2 / 4a \quad (14)$$

Die Konstanten e_0, r_0 und a sind darin von der jeweiligen Elektrodenform und Anordnung der Elektroden zueinander abhängig.

In Figur 6 sind verschiedene Elektrodenanordnungen dargestellt, die entweder direkt mit kurzen Verbindungen an die Elektronik angekoppelt werden und damit eine nur wenige cm^2 große kompakte Einheit bilden, die leicht in andere Systeme integrierbar ist oder mittels Koaxialkabel auch weiter von der Elektronik entfernt sein kann, wofür dann vorzugsweise der Kabelschirm mit dem Shielding-Ausgang des Sensors (Sourceanschluss des FET) verbunden wird, um die Grundkapazität C_1 am Gateanschluss niedrig zu halten.

Vorteile der Anordnung

Zusammenfassend werden mit der erfindungsgemäßen Anordnung eines kapazitiven Näherungssensors folgende Vorteile nochmals herausgestellt:

1. Der Aufwand an Bauteilen ist mit einer einzigen FET-Eingangsstufe, einem XOR-Gatter und wenigen Widerständen und einem Kondensator extrem gering. Der für die Signalgenerierung und Verarbeitung erforderliche Mikrokontroller ist bei der Integration des Sensors in andere Systeme häufig bereits vorhanden und kann für die einfachen erforderlichen Sensorfunktionen mitbenutzt werden.
2. Der als Sourcefolger geschaltete FET liefert infolge der Gegenkopplung nicht nur eine sehr geringe Eigenkapazität des Sensors, sondern kann zudem als Ausgang für einen Shieldingbetrieb dienen, um die für die Empfindlichkeit maßgebliche Grundkapazität des Sensors zu verringern. Darüber hinaus bietet diese Maßnahme eine hohe Temperaturstabilität der Sensorfunktion und reduziert die Exemplarstreuung.
3. Eine Folge der geringen Zahl an aktiven Bauteilen ist ein sehr niedriger Stromverbrauch, der wegen sehr kurzer Einschwingvorgänge der Anordnung mittels eines gepulsten Betriebes auf wenige μA reduziert werden kann, wodurch sich erhebliche Vorteile bei einem Batteriebetrieb ergeben.
4. Durch geeignete Wahl der Elektrodenanordnung kann die Näherungsfunktion von einer notwendigen Kopplung gegen Erde gelöst werden. Dies ist für Anwendungen mit Batteriebetrieb wesentlich.
5. Eine infolge von Toleranzen erforderliche Selbstkalibrierung des Sensors kann in einfacher Weise durch eine Frequenznachstimmung erfolgen.
6. Durch Verändern des Ladewiderstandes am Gateeingang kann eine sehr flexible Anpassung an unterschiedliche Elektrodenkapazitäten infolge unterschiedlicher Elektrodengrößen erfolgen. Ferner kann hiermit auch eine optimale Frequenzanpassung bezüglich Fremdstörungen vorgenommen werden.

7. Die Reaktionszeit des Sensors kann durch flexible Wahl einer möglichst hohen Signalfrequenz bis auf wenige Millisekunden reduziert werden.

8. Bei Mehrelektroden-Anordnungen wie z.B. bei einer Sensorik zur Gestenerkennung kann der gesamte Sensor platzsparend auf nur wenigen cm² untergebracht werden.

Eine besondere Maßnahme bei der erfindungsgemäßen Schaltung liegt in der besonders einfachen und damit strom- und kostensparenden Realisierung des Näherungssensors mit einer einzigen FET-Stufe und einem nachgeschaltetem EXOR-Gatter ohne dass ein zusätzlicher Comparator erforderlich ist. Zum anderen liefert die FET-Stufe soweit diese als Sourcefolger geschaltet ist eine äußerst geringe Eingangskapazität und erlaubt damit einen hohen, für die Empfindlichkeit maßgeblichen Vorwiderstand, der gegenüber herkömmlichen Sensoren um bis zu einem Faktor 50 höher liegt. Weiterhin bietet die Stufe in dieser Konfiguration gleichzeitig auch eine Shieldingfunktion, mittels der bei kritischen Einbausituationen die Eingangsgrundkapazität niedrig gehalten werden kann und damit kein relevanter Empfindlichkeitsverlust eintritt.

Der Vergleich mit herkömmlichen Sensoren zeigt, dass die Realisierung des erfindungsgemäßen Näherungssensors nach dem RC-Verfahren auch mit einer geringeren Zahl an Komponenten sogar zu einer höheren Leistungsfähigkeit führt.

Das erfindungsgemäße Konzept zeichnet sich durch einen besonders niedrigen Stromverbrauch aus und eignet sich insbesondere für Batterieanwendungen. Die hauptsächlich durch die Zahl der aktiven Bauelemente einer Schaltungsanordnung bestimmten Kosten und der Platzbedarf sind deutlich geringer als bei herkömmlichen Konzepten. Das erfindungsgemäße Schaltungskonzept eignet sich in besonders vorteilhafter Weise für System mit einem gleichzeitigem Betrieb mehrerer Sensoren wie z.B. für eine Gestik-Anwendungen.

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Generierung eines mit einem Näherungsvorgang korrelierenden Ausgangssignales aufgrund von Änderungen der dielektrischen Eigenschaften der Umgebung einer Sensorelektrode, mit:
 - einer Sensorelektrode die zumindest abschnittsweise an einen Observationsbereich angrenzt;
 - einer Mikrocontrollerschaltung (μC) zur Ausgabe einer alternierenden Spannung;
 - einer Spannungsteilerschaltung zur Bewerkstelligung einer Pegelanpassung der seitens des Mikrokontrollers (μC) ausgegebenen alternierenden Spannung
 - und einem Feldeffekttransistor (FET) in der Funktion eines Impedanzwandlers
 - wobei der Feldeffekttransistor derart in die Schaltungsanordnung eingebunden ist, dass die seitens der Spannungsteilerschaltung ausgegebene Spannung an dessen Gate-Eingang und gleichzeitig an der Sensorelektrode (ES) anliegt .
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Feldeffekttransistor in Sourcefolger-Schaltung als Eingangsstufe in die Schaltungsanordnung eingebunden ist.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Wirkung von parasitären Kapazitäten, die aus der Gatekapazität des FET, der Elektrodenkapazität gegen Ground und aufbaubedingten Schaltungskapazitäten gebildet werden, als Kondensatoreinrichtung C1 für die Sensorfunktion genutzt wird.
4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zu der Kondensatoreinrichtung C1 und dem Gate-Eingang ein Ladewiderstand (R) vorgeschaltet wird.
5. Schaltungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die von dem Mikrocontroller gelieferte Rechteckspannung im Frequenzbereich von 80 bis 120 kHz liegt.
6. Schaltungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufladung der Kondensatoreinrichtung über eine Zeitspanne t_1 bis zum Erreichen eines bestimmten Schwellwertes u_{si} erfolgt und die Entladung dann nach einer halben Periodendauer T des Rechtecksignales erfolgt.

7. Schaltungsanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltzeiten derart abgestimmt werden dass gilt:

$$t1 = -RCI \ln(1 - u_{s1}/u_0) \quad t2 = -RCI \ln(u_{s2}/u_0)$$

8. Schaltungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Näherungsvorgang auf Grundlage einer Zeitverschiebung erfasst wird.

9. Schaltungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Ladewiderstand derart festgelegt ist, dass dieser maximal so groß ist, dass es jeweils während einer Halbperiode $T/2$ des Rechtecksignals noch zu einer nahezu vollständigen Auf- und Entladung am Gate-Eingang des Feldeffekttransistors kommt.

10. Schaltungsanordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine mit Ground verbundene Koppelungselektrode E_0 vorgesehen ist.

11. Schaltungsanordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Koppelungselektrode E_G in Form einer Koppelungskapazität zwischen E_s und E_G einen weiteren Beitrag zu CI liefert.

12. Schaltungsanordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Signalelektrode E_s und der mit Ground verbundenen Elektrode E_G eine Shield-Elektrode vorgesehen ist.

13. Schaltungsanordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass diese Shieldelektrode am Ausgang eines Sourcefolgers angeschlossen ist und auf nahezu gleichem Potential wie das Gate liegt, wodurch die Kopplung E_s und E_G vermindert wird.

14. Schaltungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Source Ausgang des FET dazu verwendet wird, bei weiter weg

gelegenen Anschluss der Signalelektrode ES den Schirm eines Koaxialkabels zu treiben um dadurch die Kabelkapazität zu verringern.

15. Schaltungsanordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass zur Auswertung der bei Annäherung erfolgten Zeitverschiebung des Auf- und Entladevorganges ein XOR-Gatter verwendet wird, dessen Eingänge über integrierte Schmitt-Trigger geschaltet werden

16. Schaltungsanordnung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitverschiebung durch eine Gleichspannung repräsentiert wird, die mittels eines am XOR-Ausgang angeschlossen Tiefpassfilters gewonnen wird.

17. Schaltungsanordnung zur Generierung eines mit einem Näherungsvorgang korrelierenden Ausgangssignales aufgrund von Änderungen der dielektrischen Eigenschaften der Umgebung einer Sensorelektrode, mit:

- einer Sensorelektrode die zumindest abschnittsweise an einen Observationsbereich angrenzt;
- einer Mikrocontrollerschaltung (μC) zur Ausgabe einer alternierenden Spannung;
- einer Spannungsteilerschaltung zur Bewerkstelligung einer Pegelanpassung der seitens des Mikrokontrollers (μC) ausgegebenen alternierenden Spannung
- und einem Feldeffekttransistor (FET) in der Funktion eines Impedanzwandlers
- wobei die Schaltung derart gestaltet ist, dass ein Näherungsvorgang anhand eines mit der Änderung des Verhältnisses der Aufladezeit zur Entladezeit korrelierenden Ereignisses erfasst wird.

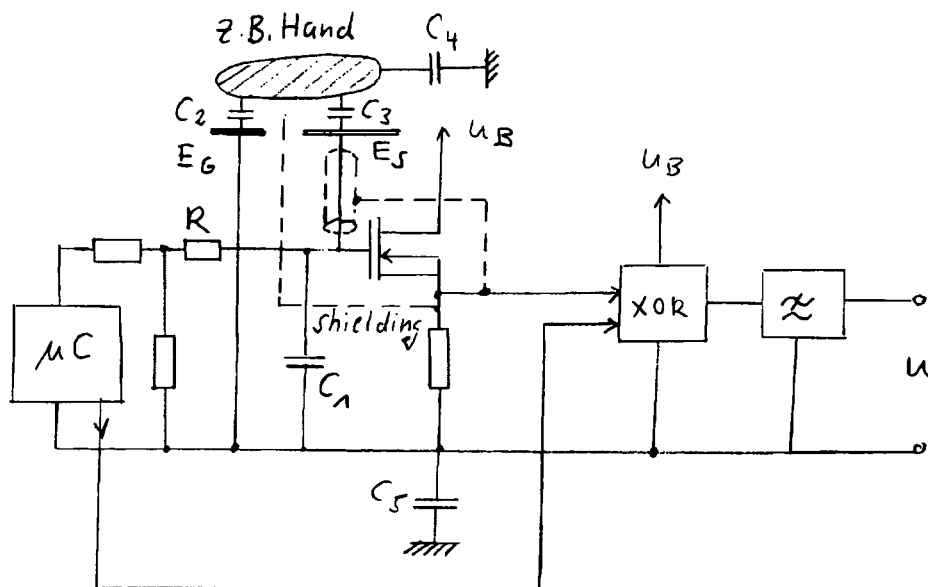


Fig. 1a

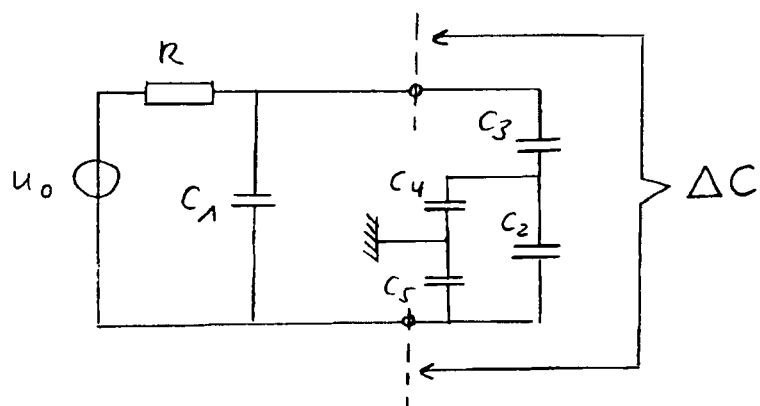


Fig. 1b

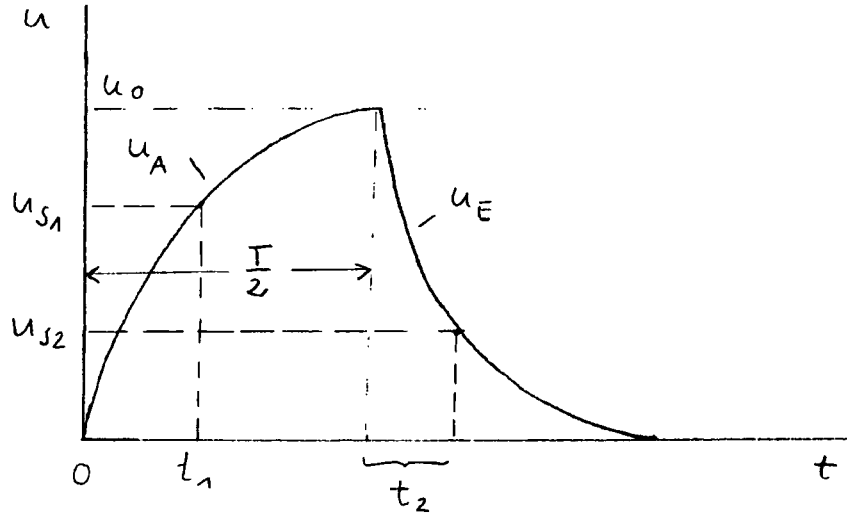


Fig. 2

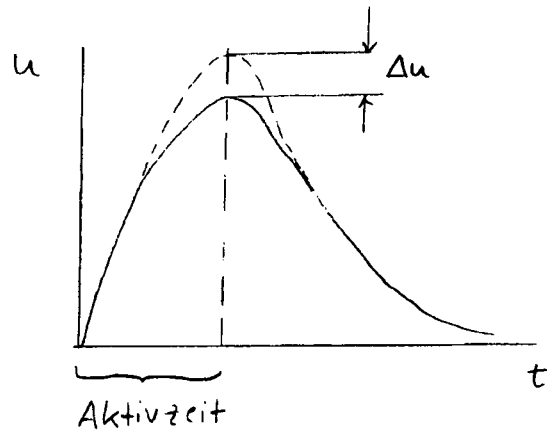


Fig. 3

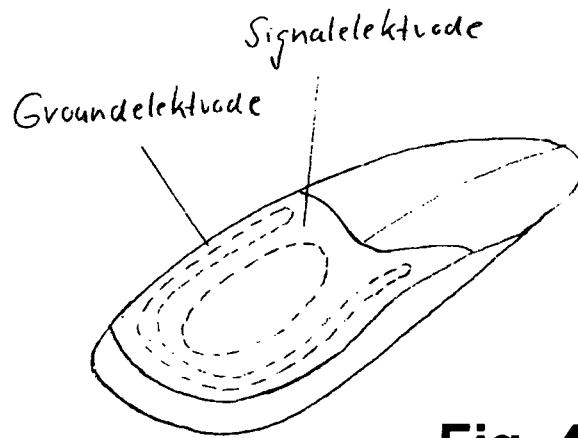


Fig. 4

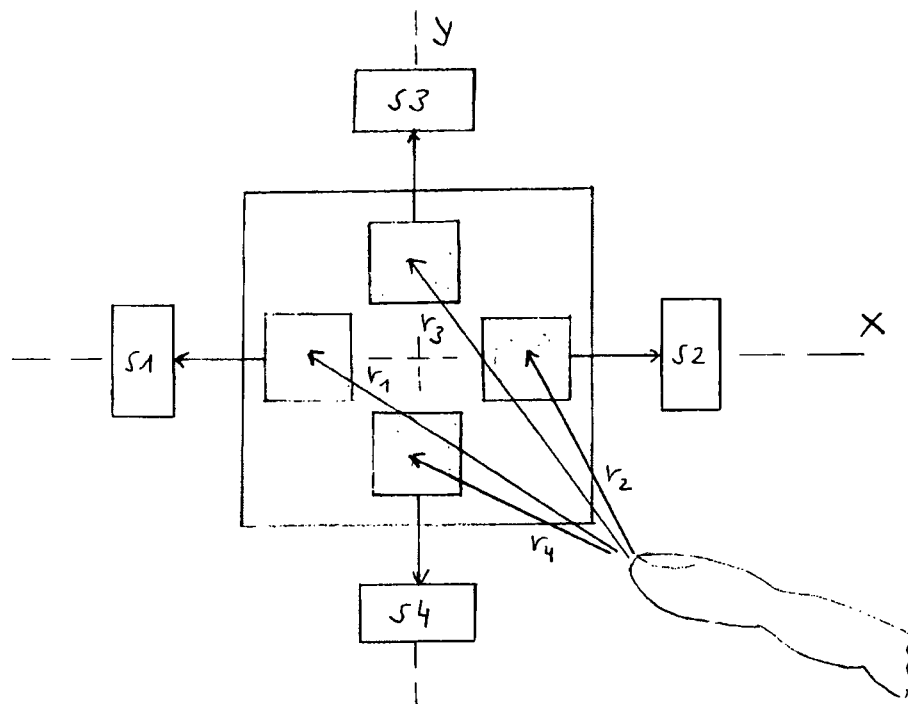


Fig. 5

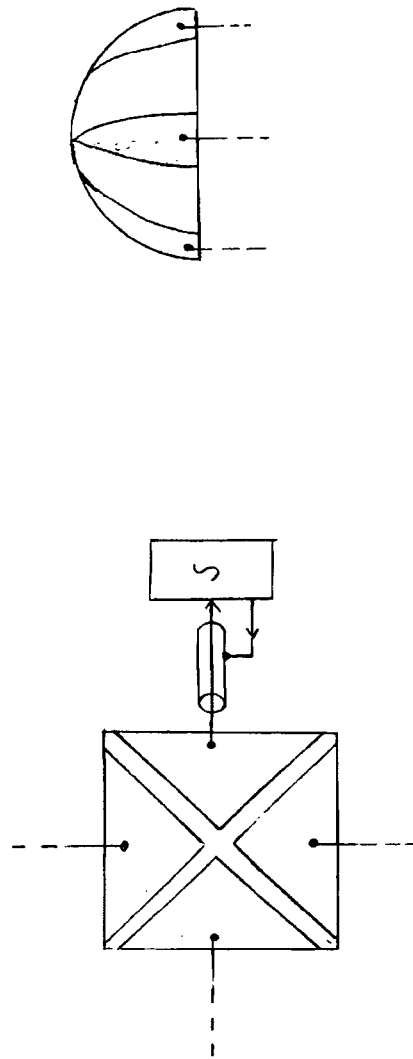


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/008213

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H03K17/955

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 practical, 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 Y A Y	<p>WO 98/07051 A1 (ALLIED SIGNAL INC [US]) 19 February 1998 (1998-02-19) abstract; figures 1, 2, 3, 5 page 1, line 4 - line 8 page 4, line 30 - page 5, line 5 -----</p> <p>WO 97/01835 A1 (INVOTRONICS MANUFACTURING [US]) 16 January 1997 (1997-01-16) abstract; figures 2(d), 3(a) page 22, line 8 - line 15 -----</p> <p>US 2008/122458 A1 (LENZ ROBERT G [US]) 29 May 2008 (2008-05-29) figure 2 Paragraph [0043] Paragraph [0092] -----</p> <p style="text-align: center;">-/--</p>	<p>1-8, 10-13,17 9,14-16</p> <p>1-17</p> <p>14</p>

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 document 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

26 February 2010

Date of mailing of the international search report

04/03/2010

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

Loiseau, Ludovic

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/008213

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No
Y	<p>US 4 939 382 A (GRUODIS VICTOR [US]) 3 July 1990 (1990-07-03) figures 2, 2A-B, 2E-F</p> <p>-----</p>	9,15-16
A	<p>ZACK ALBUS: "PCB-Based Capacitive Touch Sensing With MSP430" INTERNET CITATION 1 October 2007 (2007-10-01), pages 1-25, XP002566917 [retrieved on 2007-10-01] figure 14</p> <p>-----</p>	1-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2009/008213
--

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9807051	A1	19-02-1998	NONE
<hr/>			
WO 9701835	A1	16-01-1997	BR 9608652 A 07-12-1999
		CA 2226016 A1	16-01-1997
		EP 0885434 A1	23-12-1998
		JP 4027971 B2	26-12-2007
		JP 2000513864 T	17-10-2000
		US 5801340 A	01-09-1998
<hr/>			
US 2008122458	A1	29-05-2008	WO 2008070454 A2 12-06-2008
<hr/>			
US 4939382	A	03-07-1990	NONE
<hr/>			

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/008213

A. KLASSEIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H03K17/955

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	WO 98/07051 A1 (ALLIED SIGNAL INC [US]) 19. Februar 1998 (1998-02-19)	1-8, 10-13,17
Y	Zusammenfassung; Abbildungen 1, 2, 3, 5 Seite 1, Zeile 4 - Zeile 8 Seite 4, Zeile 30 - Seite 5, Zeile 5 -----	9,14-16
A	WO 97/01835 A1 (INVOTRONICS MANUFACTURING [US]) 16. Januar 1997 (1997-01-16) Zusammenfassung; Abbildungen 2(d), 3(a) Seite 22, Zeile 8 - Zeile 15 -----	1-17
Y	US 2008/122458 A1 (LENZ ROBERT G [US]) 29. Mai 2008 (2008-05-29) Abbildung 2 Absatz [0043] Absatz [0092] ----- -/-	14

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

- | | |
|--|---|
| <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherche bericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> | <p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> |
|--|---|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 26. Februar 2010	Absenddatum des internationalen Rechercheberichts 04/03/2010
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 Loi seau , Ludovic

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 4 939 382 A (GRUODIS VICTOR [US]) 3. Juli 1990 (1990-07-03) Abbildungen 2, 2A-B, 2E-F -----	9,15-16
A	ZACK ALBUS: "PCB-Based Capacitive Touch Sensing with MSP430" INTERNET CITATION 1. Oktober 2007 (2007-10-01), Seiten 1-25, XP002566917 [gefunden am 2007-10-01] Abbildung 14 -----	1-17

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/008213

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9807051	A1	19-02-1998	KEINE
WO 9701835	A1	16-01-1997	BR 9608652 A 07-12-1999 CA 2226016 A1 16-01-1997 EP 0885434 A1 23-12-1998 JP 4027971 B2 26-12-2007 JP 2000513864 T 17-10-2000 US 5801340 A 01-09-1998
US 2008122458	A1	29-05-2008	WO 2008070454 A2 12-06-2008
US 4939382	A	03-07-1990	KEINE