

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
9. April 2009 (09.04.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/043739 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01P 13/04 (2006.01) *G01P 3/44* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/062537
- (22) Internationales Anmeldedatum:
19. September 2008 (19.09.2008)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2007 046 308.3
27. September 2007 (27.09.2007) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WENZLER, Axel [DE/DE]; Regenbogenweg 16, 71229 Leonberg (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (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, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, 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, 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, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, 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: METHOD AND DEVICE FOR THE STABLE, EFFICIENT DETERMINATION OF THE ROTATIONAL DIRECTION AND/OR ROTATIONAL SPEED OF A WHEEL OR A SHAFT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ROBUSTEN UND EFFIZIENTEN BESTIMMUNG VON DREHRICHTUNG UND/ODER DREHGESCHWINDIGKEIT EINES RADES ODER EINER WELLE

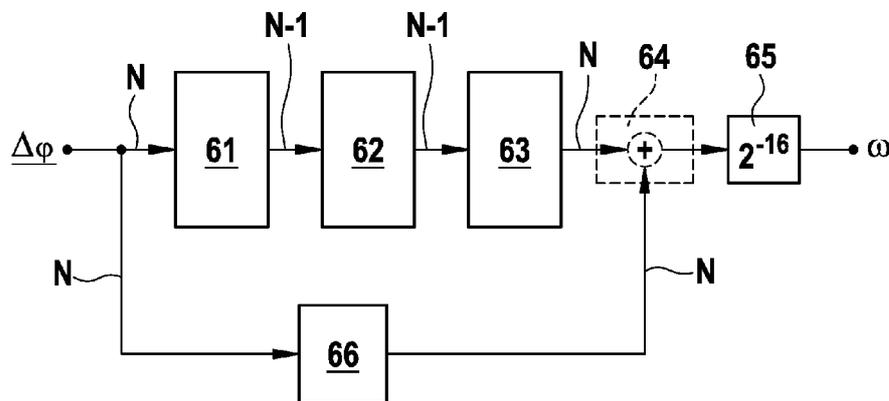


Fig. 6

(57) Abstract: The invention relates to a method and a device for determining the rotational direction and/or the rotational speed of a rotating body on the basis of a sine signal (y) and a cosine signal (x) that are emitted by a sensor and can be assigned to the rotational direction and/or rotational speed of the rotating body. Said method comprises at least one of the following steps: capture of a sine signal (y_0) and cosine signal (x_0) that can be assigned to the rotational direction and/or rotational speed at a time t_0 ; determination of a phase value ϕ_0 from the sine signal (y_0) and cosine signal (x_0); capture of a sine signal (y_i) and cosine signal (x_i) that can be assigned to the rotational direction and/or rotational speed at a time t_i ; determination of phase values ϕ_i from the corresponding sine signals (y_i) and cosine signals (x_i); formation of phase differences $\Delta\phi_i$ from the phase values ϕ_i and the phase values ϕ_0 ; and determination of the rotational direction and/or rotational speed ω from the phase differences $\Delta\phi_i$ on the basis of a Nonius method.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/043739 A2

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit eines drehbaren Körpers auf Grundlage eines der Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit des drehbaren Körpers zuordenbaren, von einem Sensor abgegebenen Sinussignals (y) und Cosinussignals (x), weist dabei mindestens einen der folgenden Schritte auf: Aufnehmen eines der Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit zuordenbaren Sinussignals (y_0) und Cosinussignals (x_0) zu einem Zeitpunkt t_0 ; Bestimmen eines Phasenwertes ϕ_0 aus dem Sinussignal (y_0) und Cosinussignal (x_0); Aufnehmen der Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit zuordenbaren Sinussignalen (y_i) und Cosinussignalen (x_i) zu Zeitpunkt t_i ; Bestimmen von Phasenwerten ϕ_i aus den entsprechenden Sinussignalen (y_i) und Cosinussignalen (x_i); Bilden von Phasendifferenzen $\Delta\phi_i$ aus den Phasenwerten ϕ_i und dem Phasenwert ϕ_0 ; und Bestimmen der Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit ω aus den Phasendifferenzen $\Delta\phi_i$ auf Grundlage eines Nonius-Verfahrens.

Verfahren und Vorrichtung zur robusten und effizienten Bestimmung von Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit eines Rades oder einer Welle

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur robusten und effizienten Bestimmung von Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit eines Rades oder einer Welle. Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Ausführen eines Verfahrens zur robusten und effizienten Bestimmung von Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit eines Rades oder einer Welle.

Stand der Technik

Bei vielen Systemen, insbesondere im Kfz-Bereich, ist eine sehr genaue und sichere Bestimmung einer Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit, wie z.B. bei Rädern oder Wellen, notwendig. Hierzu werten die Systeme zur Bestimmung der Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit je ein sinus- und cosinus-förmiges Beschleunigungssignal in der Form

$$x = \cos\varphi$$

$$y = \sin\varphi$$

aus. Dabei ist der Winkel φ der Momentanwert des (Dreh-)Winkels des Rades bzw. der Welle. Die Sensoren sind dabei an unterschiedlichen Positionen an der Felge des Rades bzw. an der Welle montiert oder besitzen eine Sensitivität in unterschiedliche Richtungen. In der Regel weisen die beiden Signale x und y eine Phasenverschiebung zueinander von 90° auf.

Aus dem Stand der Technik sind Verfahren bekannt, welche die Signale x und y beobachten und aus der Abfolge der Minima und Maxima der beiden Signale die Drehrichtung des Rades bzw. der Welle bestimmen. Es ist zum Beispiel möglich, das Signal x zu beobachten und den Zeitpunkt zu erfassen, an dem das Signal x den ersten Nulldurch-

gang nach einem Maximum hat. Weist nun das Signal y zu diesem Zeitpunkt ein Maximum auf, so dreht sich das Rad bzw. die Welle in positiver Richtung von φ . Weist das Signal y zu diesem Zeitpunkt hingegen ein Minimum auf, so dreht sich das Rad bzw. die Welle in negativer Richtung von φ .

Diese Verfahren weisen jedoch gewisse Nachteile auf. Im Allgemeinen sind die erfassten Signale mit Offsets, d.h. mit einem Gleichanteil behaftet oder sonst wie gestört, wodurch sich die während des gesamten Beobachtungszeitraums nötige Erfassung der Minima, Maxima und Nulldurchgänge als problematisch darstellt. Aufgrund des langen Beobachtungszeitraums hat die verwendete Auswerteschaltung einen erhöhten Leistungsverbrauch, da sie dauerhaft bestromt werden muss. Ferner liefern die oben erwähnten Verfahren nur Informationen über die Drehrichtung, nicht jedoch noch weitere Informationen wie z.B. die Drehfrequenz etc.

Es besteht daher der Bedarf nach einem verbesserten Verfahren zur effizienten Bestimmung von Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit eines drehbaren Körpers.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur effizienten Bestimmung von Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit eines drehbaren Körpers zu schaffen, welche die vorgenannten Nachteile umgeht. Gelöst wird diese Aufgabe durch den Gegenstand des Anspruchs 1.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zur effizienten Bestimmung von Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit eines drehbaren Körpers zu schaffen. Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand von Anspruch 8 gelöst.

Ferner stellt sich die Aufgabe, ein Computerprogramm, das alle Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens ausführt, wenn es auf einem Rechnergerät abläuft zur Verfügung zu stellen. Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand von Anspruch 9 gelöst.

Ein Computerprogrammprodukt mit Programmcode, der auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist, zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wenn das Programm auf einem Computer oder Steuergerät ausgeführt wird ist Gegenstand des Anspruchs 10.

Bevorzugte Ausführungsformen und Weiterbildungen sowie Verfahrensergänzungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestimmung der Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit ω eines drehbaren Körpers auf Grundlage eines der Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit des drehbaren Körpers zuordenbaren, von einem Sensor abgegebenen Sinussignals (y) und Cosinussignals (x), weist dabei mindestens einen der folgenden Schritte auf: Aufnehmen eines der Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit zuordenbaren Sinussignals (y_0) und Cosinussignals (x_0) zu einem Zeitpunkt t_0 ; Bestimmen eines Phasenwertes φ_0 aus dem Sinussignal (y_0) und Cosinussignal (x_0); Aufnehmen der Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit zuordenbaren Sinussignalen (y_i) und Cosinussignalen (x_i) zu Zeitpunkten t_i ; Bestimmen von Phasenwerten φ_i aus den entsprechenden Sinussignalen (y_i) und Cosinussignalen (x_i); Bilden von Phasendifferenzen $\Delta\varphi_i$ aus den Phasenwerten φ_i und dem Phasenwert φ_0 ; und/oder Bestimmen der Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit ω aus den Phasendifferenzen $\Delta\varphi_i$ auf Grundlage eines Nonius-Verfahrens.

Als Sensoren können AMR- oder GMR-Sensoren (AMR: Anisotropic Magneto Resistance, GMR: Giant Magneto Resistance) eingesetzt werden. Diese Sensoren erzeugen jeweils ein Sinussignal und ein Cosinussignal, aus denen in der weiteren Verarbeitung der zu messende Winkel errechnet werden kann. Weitere gattungsgemäße Sensoren sind beispielsweise Hallsensoren, sowie optische oder mikromechanische Geber.

Die der Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit des drehbaren Körpers zuordenbaren Sinussignale (y) und Cosinussignale (x) können von einem einzelnen Sensor oder von mehreren Sensoren stammen. Wird nur ein Sensor verwendet, liefert dieser jeweils ein der Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit des drehbaren Körpers zuordenbares Sinussignal und Cosinussignal. Werden mehrere Sensoren verwendet kann ein Sensor ein der Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit des drehbaren Körpers zuordenbares Sinussignal ausgeben und ein anderer Sensor ein entsprechendes Cosinussignal.

Die Sensorsignale können kontinuierliche Signale und/oder diskrete Signale sein.

Unter Anwendung geeigneter Verfahren, insbesondere des in der der Bosch R. 319810 beschriebenen Verfahren zur effizienten Offset-Kompensation bei Winkel- oder Phasensignalen, können die von einem Sensor abgegebenen Sinussignale (y) und Cosinus-

signale (x) von etwaigen Signal-Offsets befreit werden. Dieses Kompensationsverfahren wird im Folgenden kurz beschrieben:

Ein Winkel α von Winkelsensoren kann auf Grundlage eines dem Winkel zuordenbaren Sinussignals und eines dem Winkel zuordenbaren Cosinussignals, mit folgenden Schritten bestimmt werden: Aufnehmen eines ersten Wertepaars S_0 , mit einem ersten Sinussignal (y_0) und einem ersten Cosinussignal (x_0); Aufnehmen eines zweiten Wertepaars S , mit einem zweiten Sinussignal (y) und einem zweiten Cosinussignal (x); Bilden eines dritten Wertepaars S' aus der Differenz des zweiten Wertepaars S und des ersten Wertepaars S_0 ; und/oder Bestimmen des Winkels α auf Grundlage des dritten Wertepaars S' .

Durch die Bestimmung des Winkels α auf Grundlage der Differenz zwischen dem ersten und zweiten Wertepaar, müssen die Offsets der aufgenommenen Cosinussignale bzw. Sinussignale weder bestimmt, noch mit berücksichtigt werden.

Aufgrund der oben beschriebenen Offset-Kompensation bzw. den gebildeten Phasendifferenzen $\Delta\varphi_i$ ist es möglich, ohne Kenntnis der Signal-Offsets, die Drehrichtung und die Drehgeschwindigkeit des drehbaren Körpers zu bestimmen.

In einer weiteren erfindungsgemäßen Ausgestaltung können die Phasenwerte φ aus dem Sinussignal (y) und Cosinussignal (x) mit Hilfe eines CORDIC-Verfahrens (Coordinate Rotation Digital Computer) oder einer Reihenentwicklung ermittelt werden.

In einer weiteren erfindungsgemäßen Ausgestaltung sind die Zeitpunkte $t_i = t_0 + n \cdot \Delta t$ mit $n, \Delta t \in \mathbb{N}$. n wird dabei als Periodenzahl und Δt als Granularität bezeichnet.

Die Periodenzahl n kann beispielsweise zwischen 5 – 50, vorzugsweise zwischen 10 – 35, weiter vorzugsweise zwischen 15 – 20 liegen. Die Periodenzahl n kann an die Art des Sensors angepasst werden. Je höher die Periodenzahl, desto größer ist die Genauigkeit des Verfahrens.

Die Granularität Δt kann beispielsweise im Bereich von 1 – 50 ms liegen, vorzugsweise zwischen 5 – 30 ms, weiter vorzugsweise zwischen 10 – 15 ms. Die Granularität Δt kann an die Art des Sensors angepasst werden. Die Wahl der Granularität ergibt den Eindeu-

tigkeitsbereich der Drehfrequenzbestimmung. Bei einer Granularität $\Delta t = 10$ ms ergibt sich ein Eindeutigkeitsbereich von ± 50 Hz, was einem Geschwindigkeitsbereich von ± 300 km/h entspricht. Insbesondere kann die Granularität bzw. die Abtastzeitpunkte so gewählt werden, dass sowohl Motion Detection als auch Drehrichtungserkennung möglich ist.

Gemäß einer weiteren Ausbildung der Erfindung entsprechen die Phasendifferenzen $\Delta\varphi_i$ folgenden Ausdruck: $\Delta\varphi_i = \omega \cdot t_i \bmod 2\pi$, wobei ω der Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit und t_i dem Messzeitpunkt entspricht.

Erfindungsgemäß kann die Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit ω aus den Phasendifferenzen $\Delta\varphi_i$ auf Grundlage eines Nonius-Verfahrens bestimmt werden. Das Nonius-Verfahren kann ein mehrdimensionales Nonius-Verfahren, ein klassisches Nonius-Verfahren, ein modifiziertes Nonius-Verfahren oder ein kaskadiertes, modifiziertes Nonius-Verfahren sein, wie beispielsweise in der DE 101 42 449 A1 der Anmelderin beschrieben.

Die Verwendung eines mehrdimensionalen Nonius-Verfahrens hat die folgenden Vorteile: Die Robustheit des Auswertesystems ist sehr hoch. Die schaltungstechnische Realisierung ist in Bezug auf Schaltungsaufwand, Rechenaufwand und Stromverbrauch gegenüber herkömmlichen Lösungen äußerst effizient zu gestalten. Es sind keinerlei Informationen über Signal-Offsets und Drehfrequenz erforderlich. Im Sensorsystem müssen keine Speichermöglichkeiten für Offsets vorgehalten werden. Die Offsets müssen nicht in einem separaten Schritt am Bandende oder im Betrieb ermittelt werden, wenn beispielsweise das oben beschriebene Verfahren zur effizienten Offset-Kompensation bei Winkel- oder Phasensignalen zur Anwendung kommt.

Im Sinne der Erfindung kann der drehbare Körper ein Rad oder eine Welle sein.

Besonders geeignet ist das erfindungsgemäße Verfahren / die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Auswertung von Beschleunigungssensoren (mikromechanisch oder piezoelektrisch) in Reifendruck-Überwachungssystemen (Tire Pressure Monitoring System – TPMS / Reifen-Druck-Kontroll-System – RDKS); Motion Detection und/oder Auto-Location.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung können in verschiedenen Ausgestaltungen weitere Schaltungsteile in einem Multiplex-Verfahren kombiniert werden. Auch ist es möglich, die Vorrichtung analog, digital oder aus einer Mischung von Analogtechnik und Digitaltechnik aufzubauen.

Zeichnungen

Die Erfindung wird nachstehend anhand der beigefügten Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Rades mit zwei Beschleunigungssensoren;

Fig. 2 eine zweidimensionale Darstellung der Signale x und y ;

Fig. 3 den Verlauf des Winkels φ bei Drehbewegung;

Fig. 4 ein Flussdiagramm der Auswerteschaltung;

Fig. 5 den Verlauf der Phasendifferenz und aus den Messwerten gebildete Differenzwerte;

Fig. 6 einen Signalflussgraph zur Nonius-Berechnung; und

Fig. 7 ein Blockschaltbild einer Schaltungsanordnung.

In **Fig. 1** ist schematisch ein Rad 11 dargestellt das auf einem Untergrund 14 abrollt. An dem Rad 11 sind zwei Beschleunigungssensoren 12, 13 an zwei unterschiedlichen Positionen angebracht. Auf das Rad 11 und die Beschleunigungssensoren 12, 13 wirkt die Erdbeschleunigung g . Zwischen den beiden Beschleunigungssensoren liegt ein Winkel von 90° bzw. $\pi/2$. Die Pfeile 12a, 13a geben die Detektionsrichtung des jeweiligen Beschleunigungssensors 12, 13 an. Dabei gibt der Beschleunigungssensor 12 ein Signal in der Form $x = \cos\varphi$ und der Beschleunigungssensor 13 ein Signal in der Form $y = \sin\varphi$ aus.

Fig. 2 ist eine zweidimensionale Darstellung der Signale $x = \cos\varphi$ und $y = \sin\varphi$. Wie man erkennt liegen die Messpunkte 23, 24, 25, 26, 27 in Form $M(x, y)$ auf einem Kreis 21 um den Ursprung 22, wobei der Winkel φ zwischen dem Vektor vom Ursprung 22 zum Messpunkt M und der horizontalen Achse x gemessen wird.

Der in **Fig. 3** dargestellte Verlauf entspricht dem Verlauf des Winkels φ bei mehreren Umdrehungen des Rades 11. Dabei stellt eine Periode von 0 bis 2π eine volle Umdrehung dar.

Fig. 4 stellt ein Flussdiagramm des erfindungsgemäßen Auswerteverfahrens dar. Wenn die Signale $x = \cos\varphi$ und $y = \sin\varphi$ der Beschleunigungssensor 12, 13 mit einem Offset behaftet sind, wird dieser im Block 41 kompensiert. Anschließend wird aus den offset-kompensierten Signalen im Block 42 mittels einer atan2 Berechnung ein Phasenwert φ_i ermittelt. Im Block 43 wird anschließend aus dem Phasenwert φ_i und dem Phasenwert φ_0 ein Phasendifferenzwert $\Delta\varphi_i$ berechnet. Im Block 44 wird aus dem Phasendifferenzwert $\Delta\varphi_i$ eine vorzeichenbehaftete Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit ω bestimmt. Diese Schritte werden für die Phasenwerte $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3 \dots \varphi_i$ wiederholt. Erfindungsgemäß erfolgt dies auf Grundlage eines Nonius-Verfahrens.

In **Fig. 5** ist der Verlauf des Phasendifferenzwerts $\Delta\varphi$ zusammen mit den Differenzwerten $\Delta\varphi_1, \Delta\varphi_2, \Delta\varphi_3$ dargestellt. Dabei stellt eine Periode von 0 bis 2π eine volle Umdrehung des Rades 11 dar.

Fig. 6 zeigt einen Signalflussgraph zur Nonius-Berechnung. Im Block 61 werden N Phasendifferenzwerte $\Delta\varphi$ in $N-1$ abgebildete Werte \mathbf{S} durch lineare Transformation transformiert. Im Block 62 werden die $N-1$ abgebildeten Werte \mathbf{S} in $N-1$ Werte \mathbf{W} durch Quantisierung überführt. Anschließend werden die $N-1$ quantisierten Werte \mathbf{W} im Block 63 durch lineare Transformation auf N Werte \mathbf{Z} abgebildet. Zu den N transformierten Werten \mathbf{Z} werden im Block 64 N gewichtete Phasendifferenzwerte $\Delta\varphi$ hinzuaddiert. Im Block 65 wird anschließend die Summe aus den N gewichteten Phasendifferenzwerten $\Delta\varphi$ und den N Werten \mathbf{Z} korrigiert, was schließlich zu Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit ω führt.

In **Fig. 7** ist ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung gezeigt, wie sie im Zusammenhang mit Motion Detection (MSI) zur Anwendung kommt. Die Sen-

soren 71, 72 nehmen die Beschleunigung des Rades 11 in der Form $x = \cos\varphi$ und $y = \sin\varphi$ auf. Diese Signale werden anschließend in den Abtasteinrichtungen 73, 74 abgetastet, d.h. aus den kontinuierlichen Werten werden diskrete Werte erzeugt. Diese diskreten Werte werden anschließend mittels eines Analog-Digital-Wandlers (A/D-Wandler) 75 digitalisiert. Die so digitalisierten Werte werden dann in einem digitalen Signalprozessor (DSP) 76 weiter verarbeitet, um so eine horizontale und/oder vertikale Bewegung, die Drehrichtung und/oder die Drehgeschwindigkeit des Rades 11 zu bestimmen. Die Abtasteinrichtung 73, der A/D-Wandler 75 und der DSP 76 können dabei zu einer Motion Detection (MSI) Einrichtung 77 zusammengefasst werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit ω eines drehbaren Körpers, insbesondere eines Rades oder einer Welle, auf Grundlage eines der Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit des drehbaren Körpers zuordenbaren, von einem Sensor abgegebenen Sinussignals (y) und Cosinussignals (x), wobei die Bestimmung durch die folgenden Schritte erfolgt:
 - Aufnehmen eines der Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit zuordenbaren Sinussignals (y_0) und Cosinussignals (x_0) zu einem Zeitpunkt t_0 ;
 - Bestimmen eines Phasenwertes φ_0 aus dem Sinussignal (y_0) und Cosinussignal (x_0);
 - Aufnehmen der Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit zuordenbaren Sinussignalen (y_i) und Cosinussignalen (x_i) zu Zeitpunkten t_i ;
 - Bestimmen von Phasenwerten φ_i aus den entsprechenden Sinussignalen (y_i) und Cosinussignalen (x_i);
 - Bilden von Phasendifferenzen $\Delta\varphi_i$ aus den Phasenwerten φ_i und dem Phasenwert φ_0 ; und
 - Bestimmen der Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit ω aus den Phasendifferenzen $\Delta\varphi_i$ auf Grundlage eines Nonius-Verfahrens.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zeitpunkte $t_i = t_0 + n \cdot \Delta t$ mit $n, \Delta t \in \mathbb{N}$.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Phasendifferenzen $\Delta\varphi_i = \omega \cdot t_i \bmod 2\pi$ entsprechen.
4. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Phasenwerte φ aus dem Sinussignal (y) und Cosinussignal (x) mit Hilfe eines CORDIC-Verfahrens ermittelt werden.

5. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch das Nonius-Verfahren die folgenden Schritte ausgeführt werden:
 - lineare Transformation von N Phasendifferenzwerten $\Delta\varphi$ in $N-1$ abgebildete Werte S ;
 - Quantisierung der $N-1$ abgebildeten Werte S in $N-1$ Werte W ;
 - Lineare Transformation der $N-1$ quantisierten Werte W in N Werte Z ;
 - Addition von N gewichteten Phasendifferenzwerten $\Delta\varphi$ zu den N transformierten Werten Z ; und
 - Korrektur der Summe aus den N gewichteten Phasendifferenzwerten $\Delta\varphi$ und den N Werten Z .

6. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Nonius-Verfahren ein mehrdimensionales Nonius-Verfahren, ein klassisches Nonius-Verfahren, ein modifiziertes Nonius-Verfahren oder ein kaskadiertes, modifiziertes Nonius-Verfahren ist.

7. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Phasenwerte φ durch die folgende Schritte bestimmt werden:
 - Aufnehmen eines ersten Wertepaars S_0 , mit einem ersten Sinussignal (y_0) und einem ersten Cosinussignal (x_0);
 - Aufnehmen eines zweiten Wertepaars S , mit einem zweiten Sinussignal (y) und einem zweiten Cosinussignal (x);
 - Bilden eines dritten Wertepaars S' aus der Differenz des zweiten Wertepaars S und des ersten Wertepaars S_0 ; und
 - Bestimmen des Phasenwertes φ auf Grundlage des dritten Wertepaars S' .

8. Vorrichtung derart eingerichtet, um eine Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit ω eines drehbaren Körpers, insbesondere eines Rades oder einer Welle, auf Grundlage eines der Drehrichtung und/oder Drehgeschwindigkeit zuordenbaren von einem Sensor abgegebenen Sinussignals (y) und Cosinussignals (x), entsprechend dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 7 zu bestimmen.

9. Computerprogramm, das alle Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 – 7 ausführt, wenn es auf einem Rechengertät abläuft.
10. Computerprogrammprodukt mit Programmcode, der auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist, zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 – 7, wenn das Programm auf einem Computer oder Steuergerät ausgeführt wird.

Fig. 1

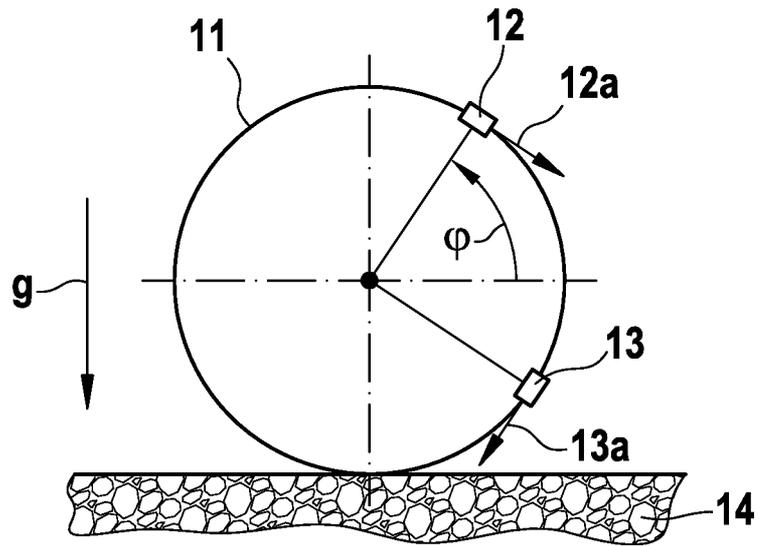
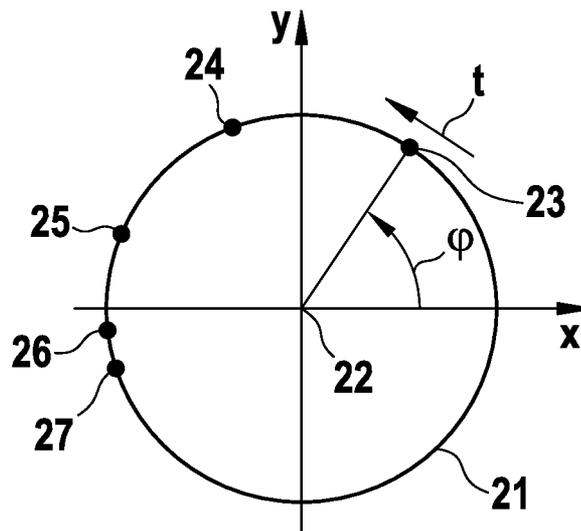


Fig. 2



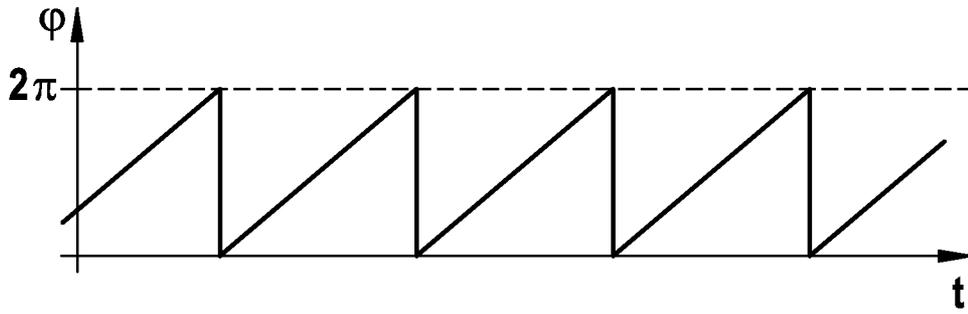


Fig. 3

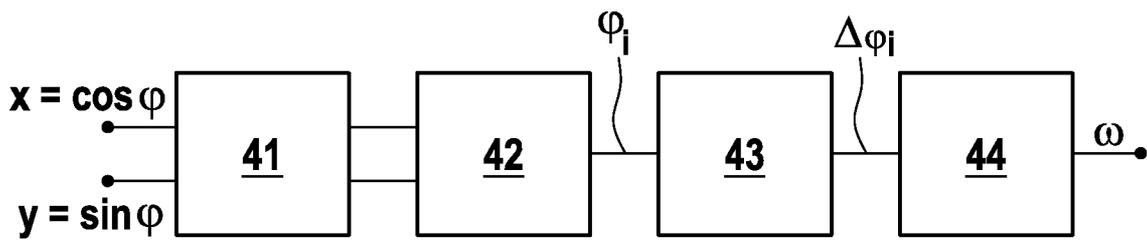


Fig. 4

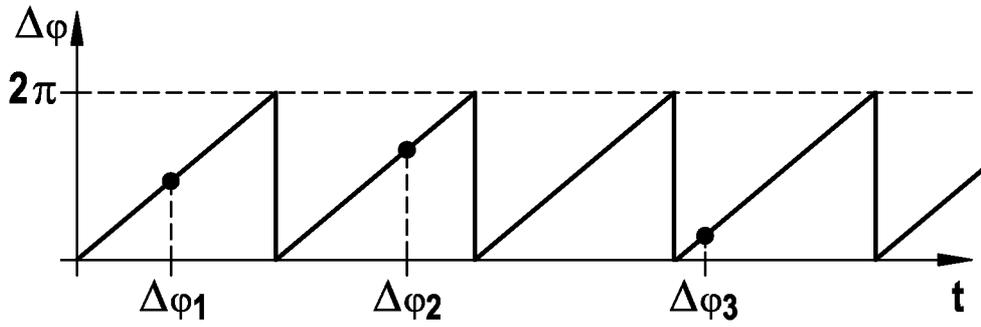


Fig. 5

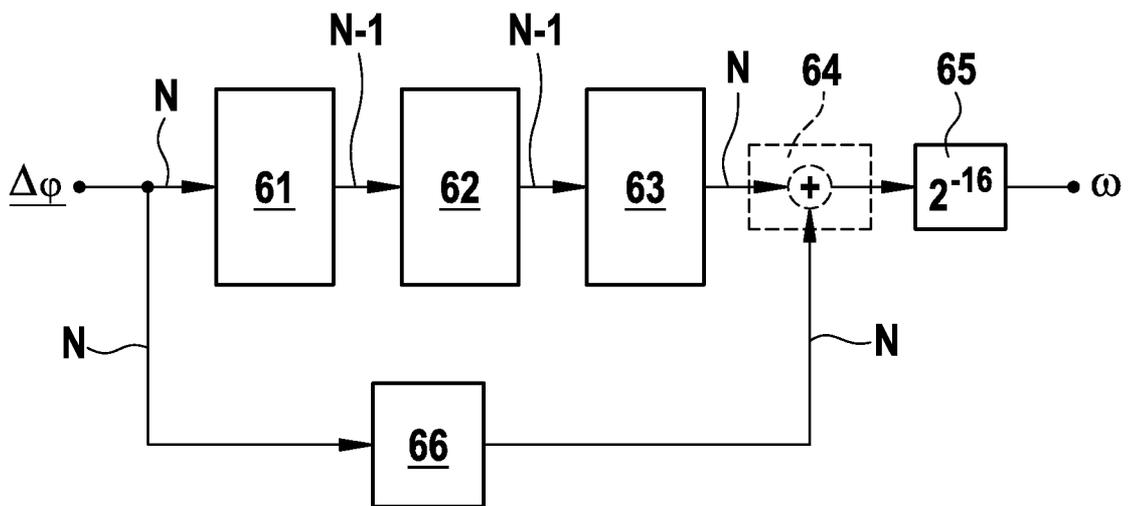


Fig. 6

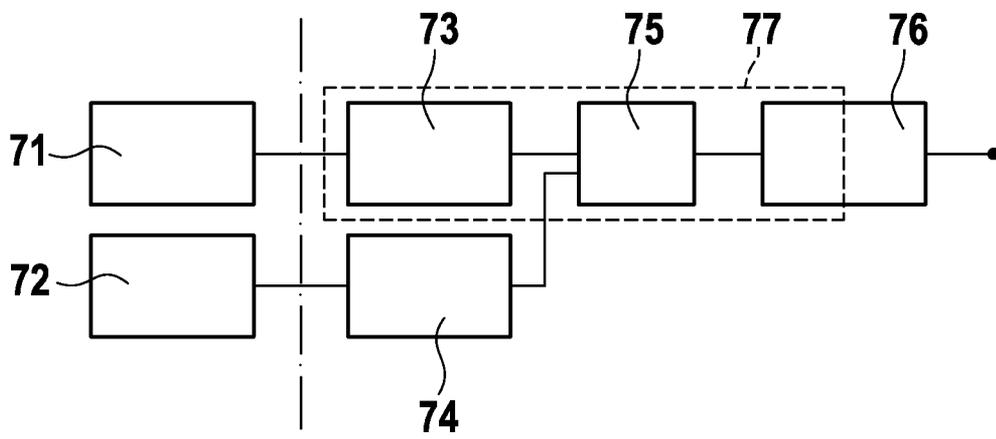


Fig. 7