



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 18 767 T2** 2008.07.17

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 365 502 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H03D 13/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 18 767.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 009 580.6**

(96) Europäischer Anmeldetag: **29.04.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.11.2003**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **23.01.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **17.07.2008**

(30) Unionspriorität:

**139416                      06.05.2002                      US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**BE, DE, FR, GB, IT**

(73) Patentinhaber:

**Deere & Company, Moline, Ill., US**

(72) Erfinder:

**Mason, Dawn Marie, Cedar Falls, IA 50613, US;  
Easton, David Joseph, Cedar Falls, IA 50613, US**

(74) Vertreter:

**derzeit kein Vertreter bestellt**

(54) Bezeichnung: **Phasendetektor für orthogonale Signale , und Verfahren dazu**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft das Gebiet der Signalvalidierung. Insbesondere wendet sich die Erfindung einem System zur Validierung von Quadratsignalen zu, die von Sensoren in einem Lenksteuersystem erzeugt werden.

**[0002]** In Steuersystemen ist es üblich, Sensoren zu verwenden, um Signale für verschiedene Bedingungen in dem System zu erzeugen. Die Sensorsignale können dann in der jeweils gewünschten Weise von dem Steuersystem benutzt werden. Beispielsweise werden bei einem Lenksteuersystem verschiedene Bedingungen erfasst (z. B. Raddrehzahl, Motordrehzahl, Drehzahl und Position des Lenkrads usw.) und von dem Lenksteuersystem benutzt. Es ist daher wichtig, dass von Sensoren erzeugte Signale zum Beschreiben der Geschehnisse in den System genau sind.

**[0003]** Auch ist es üblich, Sensoren zu benutzen, die Quadratsignalpaare erzeugen. Damit ein Quadraturpaar gültig ist, sollten beide Signale ein Tastverhältnis von nahezu 50% aufweisen und um nahezu 90 Grad phasenverschoben sein. Diese Eigenschaften stellen sicher, dass ein Mikroprozessor in einem Steuersystem über ausreichend Zeit verfügt, die Signale zu decodieren, und eine korrekte Messung von Geschwindigkeit und Richtung eines erfassten Objekts bereitzustellen.

**[0004]** EP 0 339 611 A2 offenbart ein Lenksteuersystem, das ein Quadratsignalpaar benutzt, welches von einem Sensor bereitgestellt wird.

**[0005]** Ein Problem bei Sensoren, die Quadratsignale erzeugen, besteht darin, dass die Quadratsignale möglicherweise nicht das gewünschte Tastverhältnis und die erforderlichen Phasenanforderungen erfüllen. Dies kann auf mehrere Faktoren zurückführbar sein.

**[0006]** Beispielsweise kann eine Fehlausrichtung des Sensors vorliegen, die dazu führt, dass das Tastverhältnis der Signale wesentlich höher oder niedriger ist als 50. Eine Fehlausrichtung kann auch bewirken, dass die Signale um mehr oder weniger als 90 Grad phasenverschoben sind. Auch kann der Sensor selbst ausfallen, oder kann nicht dazu in der Lage sein, unter allen Bedingungen eine korrekte Quadratur zu erzeugen. Beispielsweise erzeugen einige Sensoren nur dann eine korrekte Quadratur, wenn das von ihnen erfasste Objekt sich mit einer bestimmten Drehzahl dreht. Auch können Weiterleitungsverzögerungen von elektronischen Schaltungen das Phasenverhältnis der Signale verändern.

**[0007]** Es wird also deutlich, dass für eine zuverlässige Funktion eines Steuersystems die Quadratsignale auf ihre Genauigkeit und Gültigkeit überprüft werden sollten.

**[0008]** Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Validieren eines Quadratsignalpaars von einem Sensor bereitzustellen, und ein Lenksteuersystem bereitzustellen, das einen Quadratsensor aufweist, der die genannten Probleme überwindet und die Wünsche erfüllt. Insbesondere ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und ein Lenksteuersystem bereitzustellen, die falsche Quadratsignale detektieren.

**[0009]** Diese und weitere Aufgaben werden durch die vorliegende Erfindung gemäß Anspruch 1 oder 10 erfüllt. Weitere vorteilhafte Anordnungen und Entwicklungen der Erfindung gehen aus den abhängigen Ansprüchen hervor.

**[0010]** Die vorliegende Erfindung ist mit Hilfe von Beispielen veranschaulicht, und ist nicht auf die Figuren in den beiliegenden Zeichnungen beschränkt, in denen gleiche Bezugszeichen auf ähnliche Elemente hinweisen, und wobei:

**[0011]** [Fig. 1](#) eine vereinfachte, schematische Darstellung eines Lenksteuersystems zum Veranschaulichen eines Beispiels einer Umgebung ist, in der die Erfindung benutzt werden kann,

**[0012]** [Fig. 2](#) ein Blockdiagramm ist, das ein Beispiel für die Benutzung von Sensoren zeigt, die in einer Lenksteuerumgebung Quadratsignale erzeugen,

**[0013]** [Fig. 3](#) bis [Fig. 6](#) Darstellungen von Quadratsignalpaaren sind,

**[0014]** [Fig. 7](#) bis [Fig. 8](#) Ablaufdiagramme sind, die Beispiele des Betriebs der vorliegenden Erfindung zeigen,

und

**[0015]** [Fig. 9](#) bis [Fig. 11](#) Ablaufdiagramme sind, die ein Beispiel dafür zeigen, wie die vorliegende Erfindung in Software implementierbar ist.

**[0016]** Die vorliegende Erfindung stellt allgemein ein System und Verfahren zum Validieren von Quadratursignalen bereit. [Fig. 1](#) veranschaulicht ein Beispiel einer Umgebung, in der die vorliegende Erfindung benutzt werden kann. Wie im Folgenden detaillierter beschrieben, kann die vorliegende Erfindung auch in anderen Anwendungen und Umgebungen benutzt werden, in denen Quadratursignale verwendet werden.

**[0017]** [Fig. 1](#) zeigt eine vereinfachte, schematische Darstellung eines Kettenfahrzeug-Antriebs- und Lenksystems. Bezug nehmend auf [Fig. 1](#) weist der Motor **10** eines Kettenfahrzeugs eine Ausgangswelle **12** auf, die ein Rechtwinkelgetriebe **14** und ein Getriebe **16** antreibt, beispielsweise ein 16-Gang-Lastschaltgetriebe, das für Traktoren der Serie John Deere 8000T verfügbar ist. Das Getriebe **16** weist hydraulisch betriebene Kupplungen und Bremsen (nicht dargestellt) auf, von denen verschiedene als eine Hauptkupplung **18** arbeiten, die auf ein übliches Kupplungspedal und Gestänge (nicht dargestellt) anspricht. Der Motor **10** wird von einer elektronischen Motorsteuereinheit **11** gesteuert. Das Getriebe **16** treibt einen End- oder Rechtwinkelantrieb **20** an, der über ein linkes Lenkplanetenradgetriebe **24** ein linkes Kettenantriebsrad **22** antreibt, und über ein rechtes Lenkplanetenradgetriebe **28** ein rechtes Kettenantriebsrad **26**. Bei den Lenkplanetenradgetrieben **24** und **28** handelt es sich vorzugsweise um Getriebe, wie sie in US-Patentschrift 5,390,751 beschrieben sind. Weitere Außenbordplanetengetriebe (nicht dargestellt), wie an Traktoren der Serie John Deere 8000T vorgesehen, sind zwischen den Lenkplanetenradgetrieben und den jeweiligen Antriebsrädern angeordnet, werden jedoch nicht weiter beschrieben, da sie den Gegenstand der vorliegenden Anmeldung nicht direkt betreffen. Eine Parkbremse **30** ist an die Ausgangswelle des Getriebes **16** gekoppelt, und eine linke und eine rechte Fußbremse **32**, **34** sind jeweils an das linke bzw. rechte Antriebsrad **22**, **26** gekoppelt.

**[0018]** Das Rechtwinkelgetriebe **14** treibt eine Verstelllenkpumpe **40** an, z. B. eine Pumpe der Serie **75 cc**, **90** von Sauer-Danfoss. Die Pumpe **40** wiederum treibt einen hydraulischen Konstantlenkungsmotor **42** an, z. B. einen Motor der Serie **75 cc**, **90**, ebenfalls von der Sauer-Danfoss Inc. Der Lenkungsmotor **42** treibt über eine Querschwinge **44** und ein Zahnrad **46** ein Außenrad **47** des linken Planetenantriebs **24** an, und, ebenfalls über die Querschwinge **44**, ein Zahnrad **48** und ein Rückwärtsrad **50**, ein Außenrad **52** des rechten Planetenantriebs **28**.

**[0019]** Die Lenkpumpe **40** weist eine Taumelscheibe (nicht dargestellt) auf, deren Position durch ein Taumelscheibensteuerventil oder eine elektronische Verstellsteuerung (electronic displacement control – EDC) **60** gesteuert wird. Die EDC ist vorzugsweise eine zweistufige Vorrichtung, deren erste Stufe ein Ventil des Klappentyps aufweist, das durch ein Paar Magneten **59**, **61** betrieben wird, und deren zweite Stufe eine Laststufe der Pumpe aufweist, wie sie z. B. für John-Deere-Kettentraktoren der Serie 8000T benutzt wird.

**[0020]** Ein Motorendrehzahlgeber **62**, wie z. B. ein im Handel erhältlicher variabler Widerstandssensor, stellt ein Motorendrehzahlsignal an eine Lenksystemeinheit (steering system unit – SSU) **70** bereit. Die Magneten **59**, **61** von Ventil **60** werden durch impulsbreitenmodulierte (IBM) Pumpensteuersignale gesteuert, die von SSU **70** erzeugt werden. Die SSU **70** steht mit der Motorsteuereinheit **11** in Verbindung.

**[0021]** Ein vom Fahrzeugführer gesteuertes Lenkrad **74** ist vorzugsweise mit einem nicht federzentrierten Eingabemechanismus **72** verbunden, wie in US-Patentschrift 6,000,490 beschrieben. Der Eingabemechanismus **72** weist eine elektromagnetisch gesteuerte Reibungsvorrichtung oder Bremse **75** und einen Drehpositionsaufnehmer oder inkrementellen Codierer **77** auf, wie z. B. einen im Handel erhältlichen Codierer der Serie 63R von Grayhill, oder einen optischen Codierer OakGrigsby 900. Der Codierer **77** versorgt die SSU **70** mit einem Lenkradpositionssignal, das die Position des vom Fahrzeugführer gesteuerten Lenkrads **74** darstellt. Der Codierer **77** erzeugt mehrere, vorzugsweise **128**, Impulse für jede Umdrehung des Lenkrads **74**. Sodann erzeugt und aktualisiert die SSU **70** wiederholt einen ZÄHL-Wert, der die Anzahl von Impulsen des optischen Codierers darstellt, die der tatsächlichen Position des Lenkrads **74** relativ zu der Position des Lenkrads **74** beim Anlassen entsprechen. Diese Beschreibung betrifft eine Lenkeingabevorrichtung mit einer nicht federzentrierten neutralen Position, doch kann die vorliegende Erfindung auch auf ein System mit einer federzentrierten Lenkeingabeeinrichtung angewandt werden. Die SSU **70** empfängt zudem Signale von einem Schalthebelaufnehmer **73**, wie z. B. in US-Patentschrift 5,406,860 beschrieben.

**[0022]** Ein Gelenkwellendrehzahlgeber **76**, vorzugsweise ein Differenzial-Hall-Effekt-Drehzahlgeber, wie er von John-Deere-Traktoren der Serie 8000T benutzt wird, ist nahe dem Endantrieb **20** angeordnet, und versorgt die SSU **70** mit einem Endantriebsdrehzahlsignal oder Raddrehzahlsignal mit variabler Frequenz. Ein Magnet-

ring **78** ist derart angeordnet, dass er sich mit dem Motor **42** dreht, und ein Hall-Effekt-Wandler **80**, der nahe dem Magnetring **78** angeordnet ist, versorgt die SSU **70** mit einem Quadratursignalpaar. Im Getriebe **16** ist ein Paar Kupplungsstatusschalter **82** angeordnet, die in einem Wirkungsverhältnis zu der Verbindung (nicht dargestellt) zwischen dem Kupplungspedal (nicht dargestellt) und der Hauptkupplung **18** stehen, und die SSU **70** mit einem Kupplungsstatussignal versorgen. Die SSU **70** weist einen oder mehrere im Handel erhältliche Mikroprozessoren auf (in [Fig. 1](#) nicht gezeigt), die verschiedene Funktionen ausführen, wie z. B. die Lenksteuerung.

**[0023]** [Fig. 2](#) ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel für die Benutzung von Sensoren liefert, die in einer Lenksteuerumgebung, die ähnlich ist wie die in [Fig. 1](#) gezeigte Umgebung, Quadratursignale erzeugen. [Fig. 2](#) zeigt eine Lenksteuereinheit (steering control unit – SCU) **84**, die durch einen Mikroprozessor bereitgestellt ist, der einen Teil einer Lenksystemeinheit bilden kann, wie z. B. der SSU **70**, die oben beschrieben wurde. Durch einen Quadraturcodierer, der zwei Datensignale (A und B) erzeugt, welche der SCU **84** zugeführt werden, ist ein Raddrehzahlgeber **86** bereitgestellt. In ähnlicher Weise versorgt auch ein Motordrehzahlgeber **88** die SCU **84** mit Quadratursignalen. [Fig. 2](#) zeigt außerdem eine erste und eine zweite Quadraturlenkeingabeeinrichtung **90** und **92**, die wirksam an ein Lenkrad **94** gekoppelt sind. Die Einrichtungen **90** und **92** versorgen die SCU **84** jeweils mit einem Paar Quadratursignalen. [Fig. 2](#) zeigt außerdem verschiedene andere Bauteile eines Lenksteuersystems, die jedoch für den Betrieb der vorliegenden Erfindung nicht entscheidend sind.

**[0024]** Ein oder mehrere Sensoren in einem Steuersystem (wie dem oben beschriebenen Lenksteuersystem) können durch einen inkrementellen optischen Codierer (oder jeden anderen Sensortypen, der Quadratursignale erzeugt) bereitgestellt sein, welcher zwei Datensignale erzeugt, die um 90 Grad phasenverschoben sind, und ein Tastverhältnis von 50 aufweisen. Jedes Datensignal enthält zwei Spannungsübergänge, oder Flanken, pro Taktzyklus. Ein Codierer, der pro Umdrehung **128** Taktzyklen erzeugt, stellt also pro Umdrehung 512 Übergänge bereit.

**[0025]** Die Quadratursignale können ein Steuersystem mit Information zu Drehzahl und Verschiebung (z. B. zu Rate und Anzahl der Übergänge) versorgen. Außerdem kann die Phasenverschiebung zwischen den Quadratursignalen Richtungsinformation liefern. Beispielsweise lässt sich eine Vorwärtsbewegung erfassen, wenn das erste Signal dem zweiten Signal um 90 Grad nacheilt (oder umgekehrt). Ebenso lässt sich eine Rückwärtsbewegung erfassen, wenn das zweite Signal dem ersten Signal um 90 Grad nacheilt (oder umgekehrt). Statt zur Richtungsbestimmung nur die Phasenverschiebung heranzuziehen, kann ein System auch Zustandsänderungen betrachten (d. h. den Punkt, an dem ein Signal von einer Spannung auf eine andere übergeht). Ein System kann die Zustände der ersten und zweiten Quadratursignale abtasten und durch Zustandsübergänge, die auf der Bewegungsrichtung basieren, die Bewegungsrichtung bestimmen. Tabelle 1 zeigt ein Beispiel dazu, wie ein System auf Grundlage von Zustandsübergängen eine Richtungsbestimmung durchführen kann, wobei die Zustände der zwei Signale entweder als hoch (1) oder niedrig (0) bezeichnet sind.

Tabelle 1

Rückwärtsrichtung		Vorwärtsrichtung	
Letzter	Aktueller	Letzter	Aktueller
0,1	0,0	0,1	1,1
1,1	0,1	1,1	1,0
1,0	1,1	1,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,1

**[0026]** Wenn in dem Beispiel aus Tabelle 1 der Quadraturzustand beispielsweise von 0,1 auf 0,0 übergeht (d. h. wenn sich das erste Signal nicht verändert, aber das zweite Signal von hoch zu niedrig wechselt), hat der Sensor die Umkehrrichtung erfasst. Ebenso hat der Sensor für den Fall, dass die Quadratur von 0,1 auf 1,1 übergeht (d. h. wenn das zweite Signal seine Zustände nicht ändert, aber das erste von niedrig zu hoch wechselt), die Umkehrrichtung erfasst. Es liegen zudem vier mögliche Zustandsänderungen vor, die nicht möglich sind, solange der Sensor richtig arbeitet (d. h. 0,0 auf 1,1; 0,1 auf 1,0; 1,0 auf 0,1; und 1,1 auf 0,0). Es existieren im Handel erhältliche Quadraturdecodierungseinrichtungen, die Quadratursignale in der oben beschriebenen Weise decodieren können.

**[0027]** [Fig. 3](#) bis [Fig. 6](#) zeigen Beispiele von Quadratursignalpaaren. [Fig. 3](#) zeigt ein Paar Quadratursignale mit einem gewünschten Tastverhältnis von 50% und einer Phasenverschiebung um 90 Grad.

**[0028]** Ebenso zeigt [Fig. 4](#) ein Paar Quadratursignale mit einem gewünschten Tastverhältnis von 50% und einer Phasenverschiebung um 90 Grad. In [Fig. 3](#) eilt das zweite Signal (B) dem ersten Signal (A) um 90 Grad nach. In [Fig. 4](#) dagegen eilt das zweite Signal (B) dem ersten Signal (A) um 90 Grad vor. Unter Verwendung der Grundsätze aus Tabelle 1 zeigen die Signale in [Fig. 3](#) eine Vorwärtsbewegung, und die Signale in [Fig. 4](#) zeigen eine Rückwärtsbewegung.

**[0029]** Wie oben erwähnt, ist es möglich, dass die Sensoren Quadratursignale erzeugen, die nicht das gewünschte Tastverhältnis oder die gewünschte Phasenverschiebung aufweisen. [Fig. 5](#) zeigt Signale A und B, die kein Tastverhältnis von 50 aufweisen. [Fig. 6](#) zeigt Signale A und B, die keine Phasenverschiebung um 90 Grad aufweisen. [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) sind Beispiele für Signale, die Drehzahl und Richtung korrekt anzeigen, aber nicht den Anforderungen bezüglich einer vollkommenen Zuverlässigkeit genügen. Daher betrachtet der Mikroprozessor sie als ungültig. Falls sich das Phasenverhältnis oder das Tastverhältnis weiter verschlechtern, wenn also beispielsweise die Signalfolge zu BB, AA, BB, AA usw. wird, übermitteln diese Signale die Drehzahl der erfassten Einrichtung, aber nicht ihre Richtung, und können nicht vom Steuersystem genutzt werden.

**[0030]** Die vorliegende Erfindung stellt ein Verfahren bereit, um zu bestimmen, ob die von einem Sensor erzeugten Quadratursignale gültig sind. Im Allgemeinen führt ein System eine Gültigkeitsbestimmung durch, indem es den Zeitpunkt betrachtet, an dem die Signale ihren Zustand ändern, oder von einem Spannungspegel auf einen anderen übergehen. Um dies zu erreichen, wird die Zeit, die zwischen aufeinanderfolgenden Übergängen verstreicht, mit der Zeit verglichen, die während einer benachbarten Zeitperiode verstreicht. Wenn die zwei Zeitperioden eine ausreichende Übereinstimmung aufweisen, gelten die Signale als zuverlässig und damit als gültig. Anhand dieser Information kann das System dann darauf vertrauen, dass es nur auf gültige Sensorinformationen anspricht. Wenn die Quadraturinformation unzuverlässig ist, kann das System den Benutzer mit Diagnoseinformation versorgen, damit die Sensoren eingestellt oder ersetzt werden können.

**[0031]** In [Fig. 3](#) bis [Fig. 6](#) sind die einzelnen Flanken, oder Übergangspunkte, durch Pfeile gezeigt und mit „A“ oder „B“ markiert. Wie in [Fig. 3](#) bis [Fig. 4](#) gezeigt, sind für den Fall, dass das Tastverhältnis 50% beträgt und die Phasenverschiebung bei 90 Grad liegt, die Zeiten zwischen aufeinanderfolgenden Flanken annähernd gleich. Beträgt das Tastverhältnis dagegen nicht 50%, sind die Zeiten zwischen aufeinanderfolgenden Flanken nicht gleich ([Fig. 5](#)). Wenn die Phasenverschiebung nicht bei 90 Grad liegt, sind die Zeiten zwischen aufeinanderfolgenden Flanken ebenfalls nicht gleich ([Fig. 6](#)). Die vorliegende Erfindung nutzt diese Tatsache zur Validierung von Quadratursignalen. Die Erfindung betrachtet drei aufeinanderfolgende Flanken (z. B. A,B,A oder B,A,B) des Quadraturpaares, um zwei benachbarte Verstrichene-Zeit-Werte (z. B. A-B, B-A oder B-A, A-B) zu bestimmen. Die zwei Verstrichene-Zeit-Werte werden verglichen, und falls sie weit genug voneinander abweichen, gelten die Quadratursignale als ungültig. Die Standards, die für die Gültigkeitsprüfung benutzt werden, hängen von vielen Faktoren ab, einschließlich der gewünschten Genauigkeit und der Genauigkeit der benutzten Sensoren. Wenn, wie in einem Beispiel, die Differenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Verstrichene-Zeit-Werten größer als 50% des niedrigeren Verstrichene-Zeit-Wertes ist, gelten die Quadraturleitungen als ungültig. In einem anderen Beispiel kann das Quadraturpaar abhängig von dem Vergleich mit einem Zuverlässigkeitsfaktor versehen werden, anstatt einfach als „gültig“ oder „ungültig“ markiert zu werden.

**[0032]** [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) sind Ablaufdiagramme, die Beispiele des Betriebs der vorliegenden Erfindung zeigen. [Fig. 7](#) zeigt einen Prozess, der mit Schritt 102 beginnt, wobei in einem Quadratursignalpaar mehrere Zustandsübergänge erfasst werden. Der Prozess endet in Schritt 104, wobei die Gültigkeit des Quadratursignalpaares anhand der Taktung der erfassten Zustandsübergänge bestimmt wird. [Fig. 8](#) zeigt einen detaillierteren Prozess. In Schritt 110 wird eine Zustandsänderung (oder ein Spannungsübergang usw.) erfasst. In Schritt 112 fragt der Prozess, ob drei aufeinanderfolgende Zustandsänderungen erfasst wurden (z. B. A,B,A oder B,A,B). Falls nicht, geht der Prozess zurück zu Schritt 110, wo eine weitere Zustandsänderung erfasst wird. Wenn drei aufeinanderfolgende Zustandsänderungen erfasst wurden, fährt der Prozess mit Schritt 114 fort, in dem eine erste verstrichene Zeit zwischen der ersten und zweiten Zustandsänderung bestimmt wird. Erneut Bezug nehmend auf [Fig. 3](#) bis [Fig. 6](#), bezieht sich dieser Schritt auf die Messung der verstrichenen Zeit von einer ersten Flanke bis zu einer zweiten Flanke (A-B oder B-A). Als nächstes wird in Schritt 116 eine zweite verstrichene Zeit zwischen der zweiten und dritten Zustandsänderung bestimmt. Erneut Bezug nehmend auf [Fig. 3](#) bis [Fig. 6](#), bezieht sich dieser Schritt auf die Messung der verstrichenen Zeit von der zweiten Flanke bis zu einer dritten Flanke (B-A oder A-B). Als nächstes fragt der Prozess in Schritt 118, ob die erste und die zweite verstrichene Zeit um einen Schwellenwert voneinander abweichen. Wie in dem oben erwähnten Beispiel lässt sich der Schwellenwert als ein Prozentanteil von einem der Verstrichene-Zeit-Werte definieren. In anderen Beispielen lässt sich der Schwellenwert auf andere Weise definieren, z. B. als eine zwischen Übergängen mindestens verstrichene Zeit. Wenn die erste und zweite verstrichene Zeit nicht um mehr als den Schwellenwert voneinander abweichen, fährt der Prozess mit Schritt 120 fort, in dem die Quadratursignale für gültig erklärt werden.



Wenn die erste und zweite verstrichene Zeit jedoch um mehr als den Schwellenwert voneinander abweichen, fährt der Prozess mit Schritt **122** fort, in dem die Quadratursignale für ungültig erklärt werden. Der in [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) veranschaulichte Prozess kann sich kontinuierlich wiederholen, oder kann nach Bedarf wiederholt werden.

**[0033]** Die vorliegende Erfindung lässt sich in unterschiedlicher Weise implementieren. In einem Beispiel werden die Quadratursignale von Software ausgewertet, die auf einem Mikroprozessor abläuft, z. B. der SCU **84** aus [Fig. 2](#). [Fig. 9](#) bis [Fig. 11](#) sind Ablaufdiagramme, die ein Beispiel dafür zeigen, wie die vorliegende Erfindung mit Hilfe von Software implementierbar ist. [Fig. 9](#) zeigt die Unterbrechungsroutine einer Quadraturleitung. Die Routine aus [Fig. 9](#) beginnt mit Schritt **130**, in dem der Status Unterbrechung aktiviert/deaktiviert der anderen Leitung gesichert wird. Als nächstes wird in Schritt **132** die Unterbrechung der anderen Leitung deaktiviert. In Schritt **134** wird der Quadraturflankenzähler erhöht. Der Flankenzähler verfolgt die Anzahl von Flanken, da für die Hauptroutine drei Flanken benötigt werden. In Schritt **136** prüft der Prozess die zuletzt aufgetretene Unterbrechung. Wenn es sich um dieselbe Leitung handelt, die auch gegenwärtig unterbrochen ist, schwankt entweder der Sensor, oder der Mikroprozessor hat eine Unterbrechung verpasst. In jedem Fall geht der Prozess zu Schritt **138** über, in dem der Flankenzähler auf 1 gesetzt wird, woraufhin der Prozess mit Schritt **140** fortfährt. Wenn die zuletzt unterbrochene Leitung nicht dieselbe ist wie die gegenwärtige Leitung, fährt der Prozess mit Schritt **140** vor. In Schritt **140** werden Zeitstempel gesichert (letzter Zeitstempel und vorletzter Zeitstempel), und ein neuer Zeitstempel wird aufgezeichnet. Als nächstes wird in Schritt **142** die andere Unterbrechungsleitung in den ursprünglichen aktivierten/deaktivierten zurückversetzt.

**[0034]** [Fig. 10](#) ist ein Ablaufdiagramm des Hauptfehlerermittlungsalgorithmus. Der Prozess beginnt mit Schritt **150**, in dem lokale Variablen festgelegt werden. Zu den Variablen können der Quadraturflankenzähler, Zeitstempel (aktueller Zeitpunkt, letzter Zeitpunkt, vorletzter Zeitpunkt) usw. gehören. Als nächstes wird in Schritt **152** der aktivierte/deaktivierte Zustand beider Quadraturleitungen gesichert. In Schritt **154** werden die Quadraturunterbrechungen deaktiviert. In Schritt **156** wird eine Momentaufnahme der Variablen erstellt, die in der Unterbrechungsroutine eingestellt sind. Als nächstes werden in Schritt **158** die Unterbrechungen in ihren letzten Zustand zurückversetzt. In Schritt **160** fragt der Prozess, ob drei aufeinanderfolgende Quadraturflanken vorliegen (z. B. A-B-A oder B-A-B). Falls nicht, fährt der Prozess mit Schritt **162** fort, und die letzte verstrichene Zeit wird auf 0 gesetzt. Der Prozess fährt dann mit Schritt **166** fort. Falls drei aufeinanderfolgende Quadraturflanken vorliegen, fährt der Prozess mit Schritt **164** fort, in dem unter Verwendung des letzten Zeitstempels und des vorletzten Zeitstempels der letzte Verstrichene-Zeit-Wert berechnet wird. In Schritt **166** fragt der Prozess, ob seit der Erfassung der Flanke eine lange Zeit verstrichen ist. Falls ja, fährt der Prozess mit Schritt **168** fort, in dem der letzte Verstrichene-Zeit-Wert auf 0 gesetzt wird, und der Flankenzähler zurückgesetzt wird. Falls nicht, fährt der Prozess mit Schritt **170** fort, in dem die Funktion IstQuadKorrekt() (siehe [Fig. 11](#)) aufgerufen wird. Die Funktion gibt für ein korrektes Quadraturverhältnis „True“ aus, und anderenfalls „False“. In Schritt **172** wird ein Fehler gemeldet, wenn „False“ ausgegeben wird, während anderenfalls nichts unternommen wird.

**[0035]** [Fig. 11](#) ist ein Ablaufdiagramm der oben beschriebenen Funktion IstQuadKorrekt(), die in Schritt **170** aufgerufen wird. Der Prozess beginnt mit Schritt **180**, in dem die aktuelle verstrichene Zeit unter Benutzung des aktuellen Zeitstempels und der letzten Zeitstempelwerte berechnet wird, die aus den Unterbrechungen erfasst wurden. Als nächstes fragt der Prozess in Schritt **182**, ob die letzte verstrichene Zeit gleich 0 ist. Wenn ja, fährt der Prozess mit Schritt **184** fort, in dem die Funktion beendet wird und den Wert „True“ ausgibt (da nicht genug Daten erfasst wurden). Falls nicht, fährt der Prozess mit Schritt **186** fort, in dem die letzte verstrichene Zeit mit der aktuellen verstrichenen Zeit verglichen wird. Wenn die Differenz einen Schwellenwert überschreitet, wird „False“ an den Hauptalgorithmus ausgegeben. Anderenfalls wird „True“ ausgegeben.

**[0036]** In der vorstehenden detaillierten Beschreibung wurde die Erfindung unter Bezugnahme auf spezifische beispielhafte Ausführungsformen derselben beschrieben. Es lassen sich verschiedene Modifikationen und Änderung daran vornehmen, ohne vom Umfang der Erfindung abzuweichen, wie er in den Ansprüchen aufgeführt ist. Die Beschreibung und die Figuren sind daher nicht als einschränkend, sondern als veranschaulichend zu verstehen.

Bezugszeichenliste

[Fig. 1](#)

- 10 Motor
- 11 Motorsteuerung
- 40 Lenkpumpe
- 42 Lenkmotor

[Fig. 2](#)

- 84 Lenksteuereinheit
- 86 Raddrehzahlgeber
- 88 Motordrehzahlgeber
- 90 Lenkeingabeeinrichtung Quad. 1
- 92 Lenkeingabeeinrichtung Quad. 2
- 94 Lenkrad

Electro-magnetic cone brake: Elektomagnetische Kegelbremse

Hydraulic pump and motor: Hydraulikpumpe und Motor

Dual-coil flapper valve EH-actuator: Doppelwindungs-Klappenventil EH-Stellglied

Engine shutdown command: Motorausschaltbefehl

Engine control unit: Motorsteuereinheit

Left, right track tension: Spannung der linken und rechten Kette

Steering pressure switch: Lenkdruckschalter

Implement yaw sensor: Gierimplementierungssensor

[Fig. 7](#)

- 102 Erfassen mehrerer Zustandsübergänge
- 104 Bestimmen der Gültigkeit von Quadratursignalen aufgrund der Taktung der erfassten Zustandsübergänge

End: Ende

[Fig. 8](#)

- 110 Erfassen einer Zustandsänderung
- 112 Wurden drei aufeinanderfolgende Änderungen erfasst?
- 114 Bestimmen einer ersten verstrichenen Zeit zwischen der ersten und zweiten Zustandsänderung
- 116 Bestimmen einer zweiten verstrichenen Zeit zwischen der zweiten und dritten Zustandsänderung
- 118 Weichen die erste und zweite verstrichene Zeit um einen Schwellenwert voneinander ab?
- 120 Quadratursignale sind gültig
- 122 Quadratursignale sind ungültig

YES: JA

NO: NEIN

End: Ende

[Fig. 9](#)

- 130 Sichern des Zustands Unterbrechung aktiviert/deaktiviert der anderen Leitung
  - 132 Deaktivieren der Unterbrechung der anderen Leitung
  - 134 Erhöhen des Quadraturflankenzählers
  - 136 Ist die letzte unterbrochene Leitung dieselbe wie die gegenwärtig unterbrochene Leitung?
  - 138 Zurücksetzen des Flankenzählers auf 1 (Hauptroutine erfordert Sehen von drei Flanken)
  - 140 Sichern von Zeitstempeln (Benutzung von Variablen zum Aufzeichnen des aktuellen, des letzten und des vorletzten Zeitpunkts)
  - 142 Wiederherstellen des ursprünglichen Aktiviert/Deaktiviert-Zustands der anderen Unterbrechungsleitung
- YES: JA  
NO: NEIN  
End: Ende

Fig. 10

- 150 Festlegen lokaler Variablen
  - 152 Sichern des Aktiviert-/Deaktiviert-Zustands beider Quadraturleitungen
  - 154 Dekativieren der Quadraturunterbrechungen
  - 156 Erstellen einer Momentaufnahme der in der Unterbrechungsroutine eingestellten Variablen
  - 158 Wiederherstellen des ursprünglichen Aktiviert/Deaktiviert-Zustands beider Quadraturleitungen
  - 160 Liegen drei aufeinanderfolgende Quadraturflanken vor?
  - 162 Letzten Verstrichene-Zeit-Wert auf 0 setzen
  - 164 Berechnen eines letzten Verstrichene-Zeit-Werts unter Benutzung des vorletzten Zeitstempels und des letzten Zeitstempels, die von den Unterbrechungen erfasst wurden
  - 166 Ist seit Erfassung einer Flanke viel Zeit verstrichen?
  - 168 Letzten Verstrichene-Zeit-Wert auf 0 setzen und Quadraturflankenzähler auf 0 setzen
  - 170 Aufrufen der Funktion IstQuadKorrekt(), die für ein korrektes Quadraturverhältnis „True“ ausgibt, anderenfalls „False“
  - 172 Falls „False“, Melden eines Fehlers, anderenfalls wird nichts unternommen
- Yes: Ja  
No: Nein  
End: Ende

Fig. 11

- 180 Berechnen eines aktuellen Verstrichene-Zeit-Werts unter Benutzung des aktuellen Zeitstempels und des letzten Zeitstempels, die von den Unterbrechungen erfasst wurden
  - 182 Ist die letzte verstrichene Zeit = 0?
  - 184 Nicht ausreichend Daten zum Prüfen, Beenden der Funktion und Ausgeben von „True“
  - 186 Vergleichen der letzten verstrichenen Zeit mit aktueller verstrichener Zeit; liegt die Differenz über einem Schwellenwert, gibt die Funktion „False“ aus, anderenfalls „True“
- Yes: Ja  
No: Nein  
End: Ende

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Validieren eines Quadratursignalpaars (A, B) bei einem Lenksteuersystem (84), umfassend die folgenden Schritte:  
 Detektieren, wenn ein erstes Signal (A) des Quadraturpaars Zustände ändert;  
 Detektieren, wenn ein zweites Signal (B) des Quadraturpaars Zustände ändert;  
 Evaluieren der Gültigkeit des Quadratursignalpaars (A, B) auf der Basis, wann das erste und zweite Signal Zustände ändern,  
 Detektieren von Flanken im ersten Signal (A), das das Quadratursignal bildet, und im zweiten Signal (B), das das Quadratursignal bildet,  
 nach dem Detektieren mehrerer aufeinanderfolgender Zustandsänderungen, Berechnen verstrichener Zeitperioden zwischen aufeinanderfolgenden Zustandsänderungen und



Bestimmen der Gültigkeit des Quadraturpaars durch Vergleichen von zwei benachbarten verstrichenen Zeitperioden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, weiterhin umfassend die folgenden Schritte:

Berechnen eines ersten Verstrichene-Zeit-Werts zwischen einer ersten Zustandsänderung im ersten Signal (A) und einer ersten Zustandsänderung im zweiten Signal (B);

Berechnen eines zweiten Verstrichene-Zeit-Werts zwischen der ersten Zustandsänderung im zweiten Signal (B) und einer zweiten Zustandsänderung im ersten Signal (A) und

Auswerten der Gültigkeit des Quadraturpaars durch Vergleichen des ersten und zweiten Verstrichene-Zeit-Werts.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Quadraturpaar als gültig angesehen wird, wenn der erste und zweite Verstrichene-Zeit-Wert ähnliche Längen aufweisen.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei das Quadraturpaar als gültig angesehen wird, wenn die Differenz zwischen dem ersten und zweiten Verstrichene-Zeit-Wert unter 50% des niedrigsten Verstrichene-Zeit-Werts liegt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Quadraturpaar als gültig angesehen wird, wenn die Differenz zwischen dem ersten und zweiten Verstrichene-Zeit-Wert unter einem Schwellwert liegt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, weiterhin umfassend die folgenden Schritte:

Detektieren aufeinanderfolgender Spannungsübergänge im ersten und zweiten Signal (A, B) des Quadraturpaars;

für mindestens drei aufeinanderfolgende detektierte Spannungsübergänge Berechnen der verstrichenen Zeit zwischen einem ersten und einem zweiten Spannungsübergang und der verstrichenen Zeit zwischen dem zweiten und einem dritten Spannungsübergang und

Bestimmen der Gültigkeit des Quadratursignalpaars durch Vergleichen der berechneten verstrichenen Zeiten.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei das Quadraturpaar als gültig angesehen wird, wenn die verstrichenen Zeiten von ähnlicher Länge sind.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, wobei das Quadraturpaar als gültig angesehen wird, wenn die Differenz zwischen den verstrichenen Zeiten unter 50% der niedrigsten verstrichenen Zeit liegt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei das Quadraturpaar als gültig angesehen wird, wenn die Differenz zwischen den verstrichenen Zeiten innerhalb einer gewünschten Schwelle liegt.

10. Lenksteuersystem, umfassend:

einen Quadratorsensor (**86, 88**) zum Erfassen von Bedingungen in dem System und Erzeugen eines Quadratursignalpaars;

einen Prozessor (**84**), der an den Quadratorsensor (**86, 88**) gekoppelt ist, wobei der Prozessor (**84**) die folgenden Funktionen ausführt:

Detektieren von Flanken im ersten Signal (A), das das Quadratursignal bildet, und im zweiten Signal (B), das das Quadratursignal bildet,

nach dem Detektieren mehrerer aufeinanderfolgender Flanken, Berechnen verstrichener Zeitperioden zwischen aufeinanderfolgenden Flanken und Bestimmen der Gültigkeit des Quadraturpaars durch Vergleichen von zwei benachbarten verstrichenen Zeitperioden.

11. Lenksteuersystem nach Anspruch 10, wobei das Quadraturpaar als gültig angesehen wird, wenn die verstrichenen Zeitperioden von ähnlicher Länge sind.

12. Lenksteuersystem nach Anspruch 10 oder 11, wobei das Quadraturpaar als gültig angesehen wird, wenn die Differenz zwischen dem ersten und zweiten Verstrichene-Zeit-Wert unter 50% des niedrigsten Verstrichene-Zeit-Werts liegt.

13. Lenksteuersystem nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei das Quadraturpaar als gültig angesehen wird, wenn die Differenz zwischen den verstrichenen Zeitperioden innerhalb einer gewünschten Schwelle liegt.

14. Lenksteuersystem nach einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei der Quadratursensor (**86, 88**) die Geschwindigkeit und Richtung eines sich bewegenden Objekts in dem System erfasst.

15. Lenksteuersystem nach einem der Ansprüche 10 bis 14, weiterhin umfassend mehrere Quadratursensoren (**86, 88, 90, 92**).

16. Lenksteuersystem nach einem der Ansprüche 10 bis 15, wobei die von dem Prozessor (**70, 84**) ausgeführten Funktionen unter Verwendung von Software ausgeführt werden.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, weiterhin umfassend die folgenden Schritte:  
Detektieren von Zustandsänderungen im ersten und zweiten Quadratursignal (A, B);  
Berechnen der Zeitperioden zwischen aufeinanderfolgenden detektierten Zustandsänderungen und Durchführen einer Bestimmung der Gültigkeit des Quadratursignalspaars auf der Basis der berechneten Zeitperioden.

18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei die Bestimmung der Gültigkeit durch Vergleichen der Länge von zwei aufeinanderfolgenden berechneten Zeitperioden erfolgt.

19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei das Quadratursignal als gültig angesehen wird, wenn die Längen der zwei aufeinanderfolgenden berechneten Zeitperioden ähnlich sind.

20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19 wobei das Quadratursignal als gültig angesehen wird, wenn die Differenz zwischen den Längen der zwei aufeinanderfolgenden berechneten Zeitperioden unter einem Schwellwert liegt.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

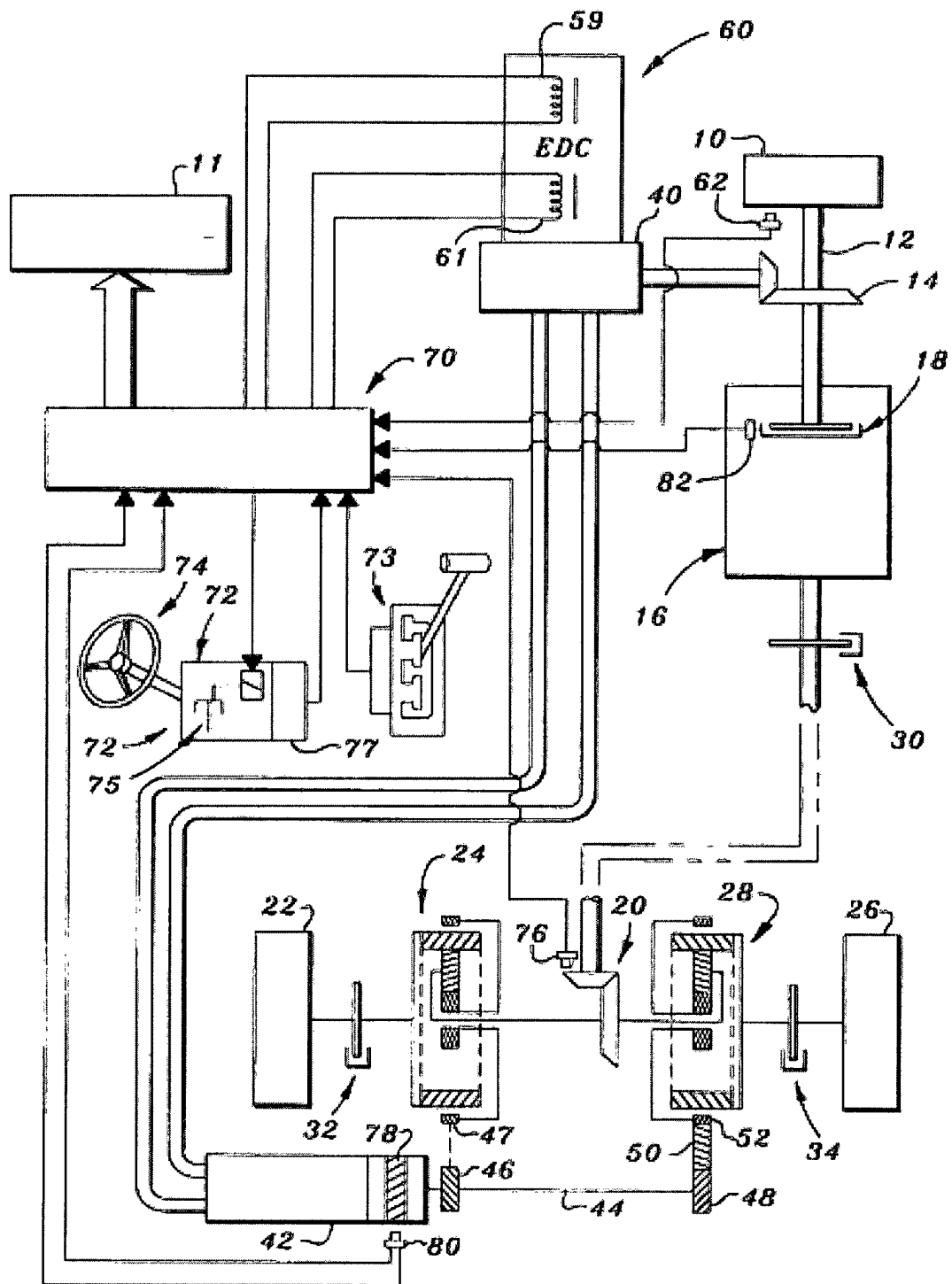


FIG. 1

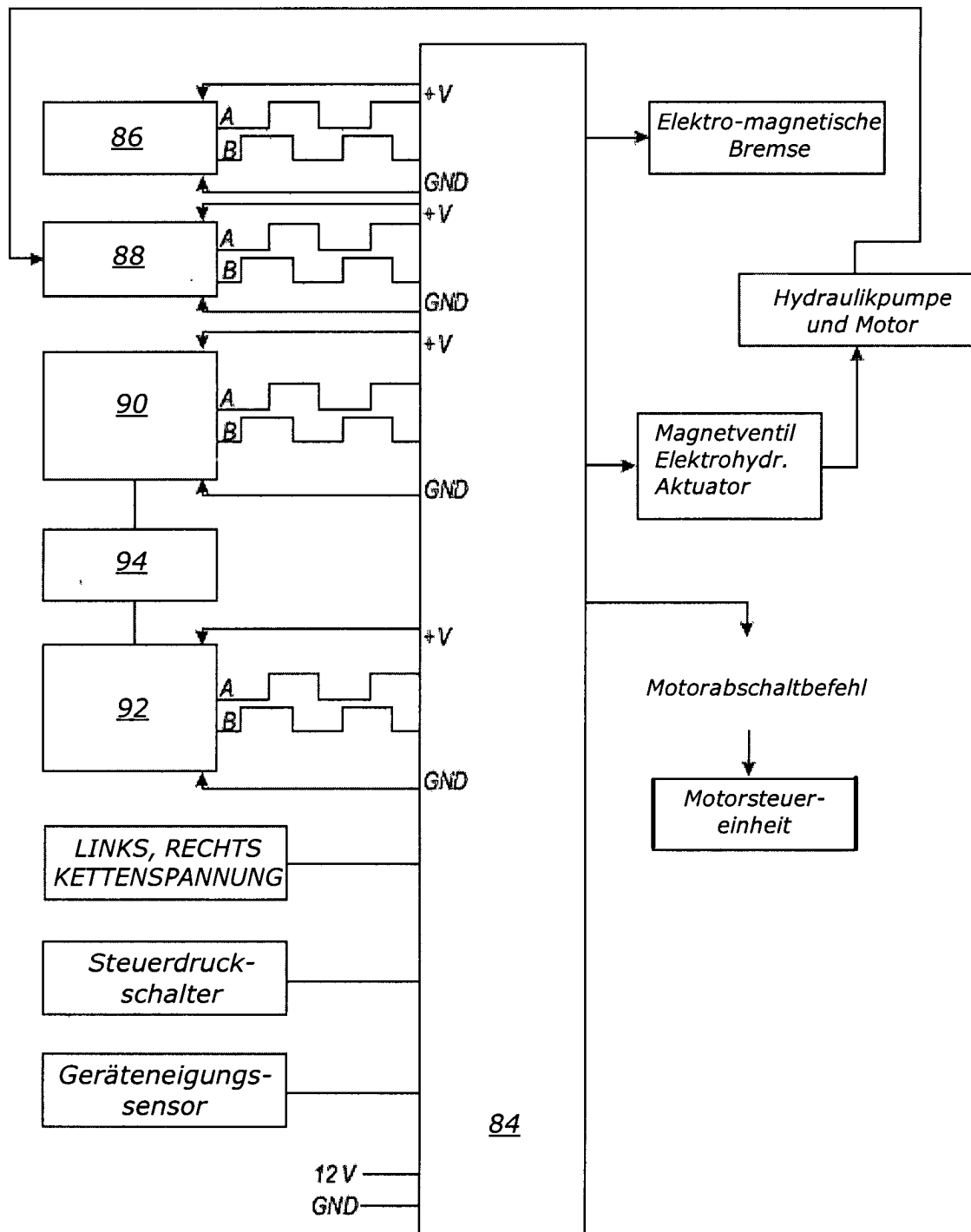
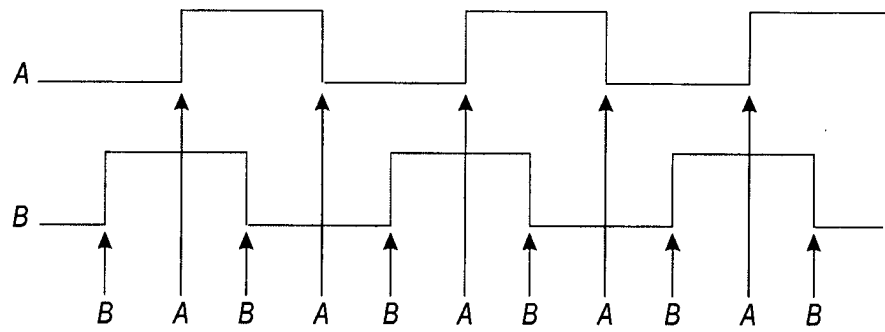
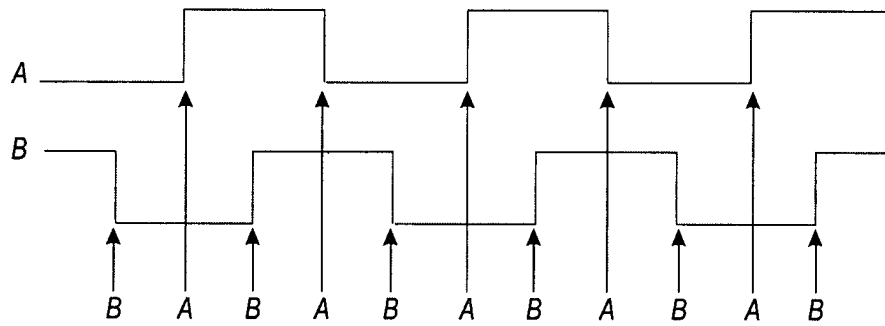


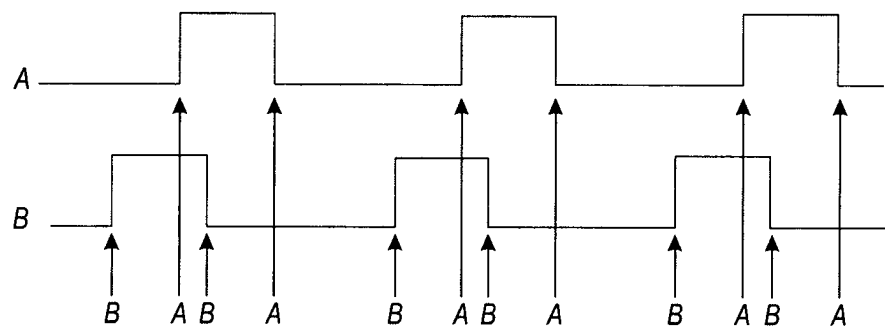
Fig. 2



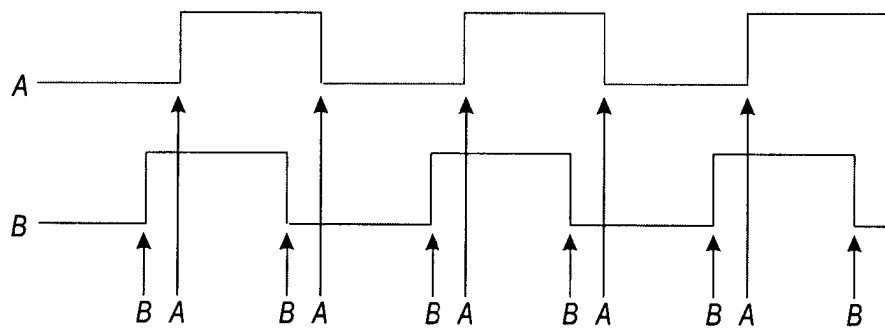
**FIG. 3**



**FIG. 4**



**FIG. 5**



**FIG. 6**

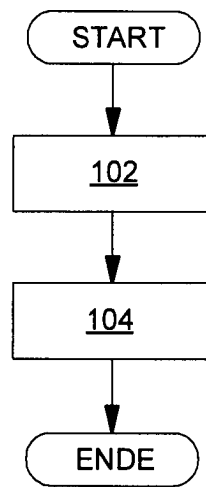


Fig. 7

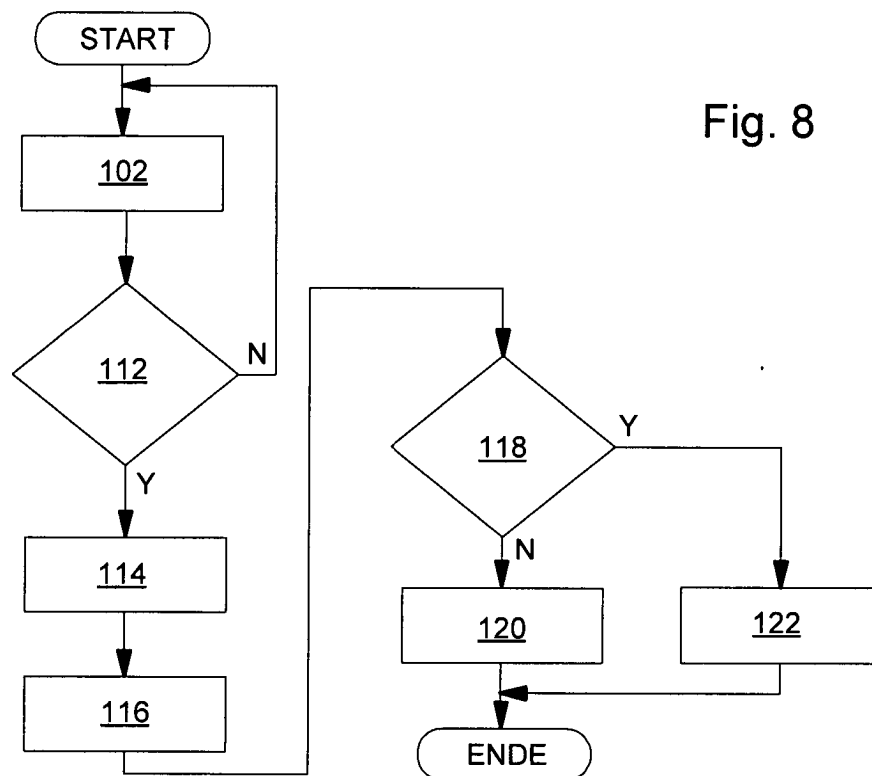


Fig. 8



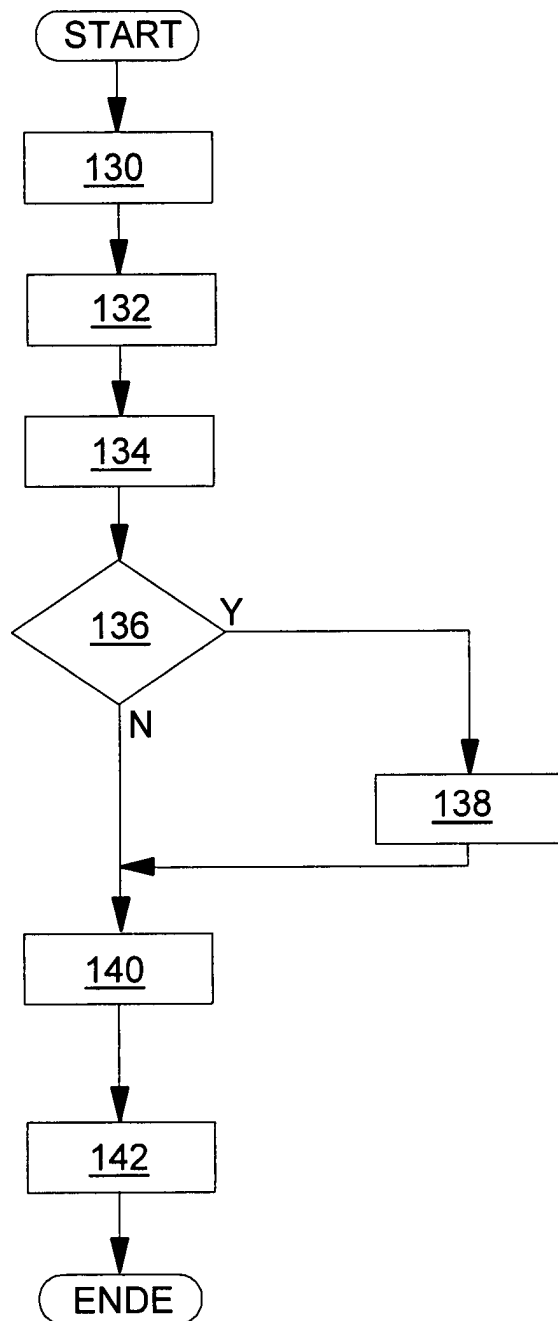


Fig. 9

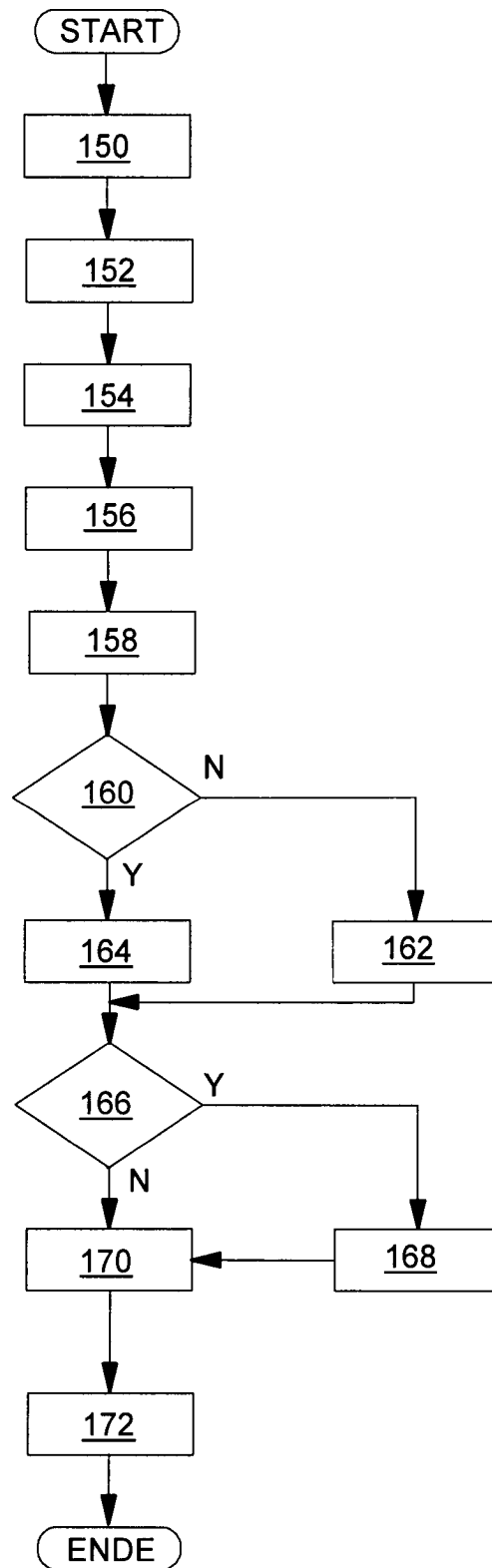


Fig. 10

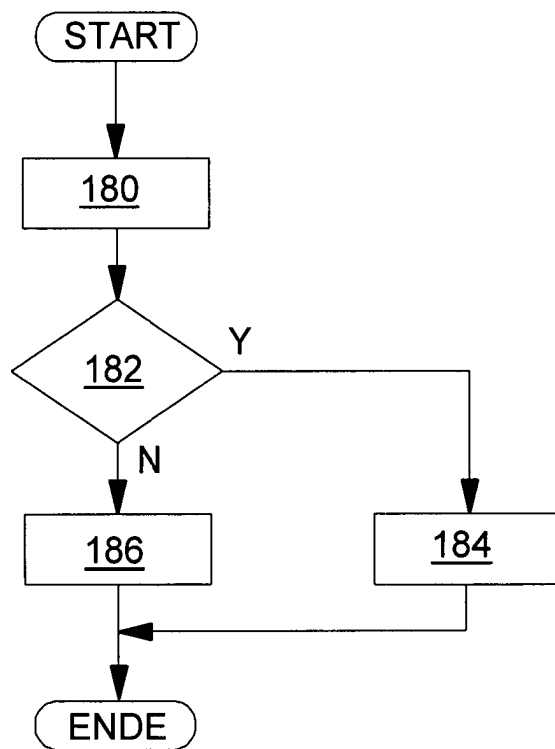


Fig. 11