



**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑲ Gesuchsnummer: 7736/80

⑳ Anmeldungsdatum: 16.10.1980

⑳ Priorität(en): 18.10.1979 DE 2942080

㉔ Patent erteilt: 15.07.1985

④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.07.1985

⑦③ Inhaber:  
Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH,  
Darmstadt (DE)

⑦② Erfinder:  
Kreuzer, Manfred, Weiterstadt (DE)

⑦④ Vertreter:  
Scheidegger, Zwicky & Co., Zürich

⑤④ Verfahren und Schaltungsanordnung zur digitalen Messung von inkrementell unterteiltem Weg oder Drehwinkel.

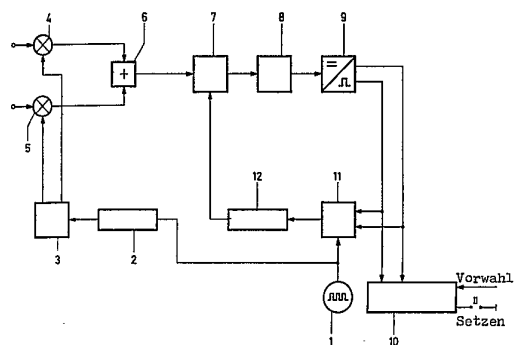
⑤⑦ Bei diesem digitalen Messen von inkrementell unterteilten Wegstrecken werden das sinusförmige und das cosinusförmige Abtastsignal durch Modulatoren (4, 5) mit 90°-phasenverschobenen Wechselspannungen moduliert, die mittels Systemtaktgeber (1), Untersetzer (2) mit festem Teilungsfaktor von beispielsweise 1000 : 1 und Pulsformer (3) erhalten werden.

Aus den modulierten Signalen erzeugt eine Addiereinrichtung (6) eine modulierte Spannung, die die Frequenz der Modulationsspannungen und einen Phasenwinkel hat, der ein Mass für das Weginkrement innerhalb eines Wegstrecken-Rasterteiles ist.

Ein phasenempfindlicher Demodulator (7) demoduliert diese modulierte Spannung. Aus der demodulierten Spannung erzeugen ein Tiefpassfilter (8) und eine Impulsgeberstufe (9), wie ein Spannungs/Frequenz-Umsetzer, ein Zählrichtungssignal und eine Impulsreihe, die eine Addier/Subtrahierstufe (11) dem Systemtaktsignal zuaddiert bzw. davon subtrahiert. Ein zweiter Untersetzer (12) mit zu jenem des Untersetzers (2) identischem Teilungsfaktor liefert aus dem modifizierten Systemtaktsignal das Referenzsignal für den Demodulator (7).

Die Impulsreihe wird zählrichtungsabhängig im Zähler (10) ausgezählt, wobei jeder Impuls einer Wegstreckenlänge von einer durch den Teilungsfaktor geteilten Rasterteilung entspricht. Es werden sehr hohe Auflösungen bei guter Anzeigeruhe erzielt. Durch Umstellung des Teilungs-

faktors der Untersetzer (2, 12) kann die Auflösung geändert werden.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur digitalen Messung von inkrementell unterteiltem Weg oder Drehwinkel, der mit zwei um eine Viertelperiode gegeneinander versetzten Aufnehmern abgetastet wird, deren Ausgangssignale zumindest annähernd sinus- bzw. cosinusförmig sind, dadurch gekennzeichnet, dass zwei um  $90^\circ$  gegeneinander phasenverschobene Wechselspannungen aus dem Systemtakt über ein vorgegebenes Untersetzungsverhältnis hergestellt werden, die die Ausgangssignale modulieren, wobei die Ergebnisse anschliessend addiert werden, dass eine so entstandene mit den unteretzten Wechselspannungen gleichfrequente Spannung phasenempfindlich demoduliert wird, wozu das Bezugssignal durch Umsetzen der demodulierten Spannung in eine Impulsreihe gewonnen wird, die zählrichtungsabhängig zu dem Systemtakt addiert bzw. subtrahiert und im vorgegebenen Untersetzungsverhältnis untersetzt wird, und dass die Zahl der Impulse der Impulsreihe zählrichtungsabhängig gezählt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die um  $90^\circ$  phasenverschobenen Wechselspannungen sinusförmig verlaufen und die Modulation eine Multiplikation ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die um  $90^\circ$  phasenverschobenen Wechselspannungen rechteckförmig verlaufen.

4. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mit einem Systemtaktgeber (1) über einen ersten Teiler (2) mit vorgebbarem Teilungsverhältnis ein Pulsformer (3) verbunden ist, dessen zwei Ausgänge, die um  $90^\circ$  gegeneinander phasenverschobene Signale abgeben, mit Modulationseinrichtungen (4, 5) verbunden sind, deren andere Eingänge von den Aufnehmern beaufschlagt werden, dass die Ausgänge der Modulationseinrichtungen (4, 5) einer Addiereinrichtung (6) zugeführt werden, die über ein Bandfilter einen phasenempfindlichen Demodulator (7) ansteuert, dessen Ausgang mit einer Impulserzeugerstufe (9) verbunden ist, die zählrichtungsabhängige Impulse einerseits an einen Zähler (10) und andererseits an eine Impulsaddier/Subtrahierstufe (11) abgibt, deren zweiter Eingang mit dem Systemtaktgeber (1) verbunden ist und dass der Ausgang der Impulsaddier/Subtrahierstufe (11) über einen weiteren Teiler (12) mit gleichem Teilungsverhältnis wie der erste Teiler (2) dem Referenzeingang des phasenempfindlichen Demodulators (7) zugeführt ist.

5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Pulsformer (3) ein Sinusformer ist und die Modulationseinrichtungen (4, 5) Multipliziereinrichtungen sind.

6. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Pulsformer (3) ein Rechteckformer ist.

7. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Impulserzeugerstufe (9) ein Spannungs-Frequenz-Umsetzer ist.

8. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Impulserzeugerstufe (9) ein Generator fester Frequenz ist, dessen Ausgang in Abhängigkeit vom Eingangssignal schaltbar ist.

9. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen phasenabhängigem Demodulator (7) und Impulserzeugerstufe (9) ein Tiefpassfilter (8) geschaltet ist.

10. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen phasenabhängigem Demodulator (7) und Impulserzeugerstufe (9) ein Integrator geschaltet ist.

11. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Teilungsverhältnis der Teiler (2, 12) stufenweise einstellbar ist.

12. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Zähler (10) auf einen vorgebbaren Vorwahlwert setzbar ist.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur digitalen Messung von inkrementell unterteiltem Weg oder Drehwinkel, der mit zwei um eine Viertelperiode gegeneinander versetzten Aufnehmern abgetastet wird, deren Ausgangssignale zumindest annähernd sinus- bzw. cosinusförmig sind und eine Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens.

Ein derartiges Verfahren ist beispielsweise aus der DE-AS 25 10 113 bekannt. Dabei sollen die nach diesem Verfahren gewonnenen Signale durch spezielle schaltungstechnische Massnahmen beeinflusst werden, wobei eine Realisierung als integrierter Schaltkreis im MOS-Technik möglich ist.

Weiterhin ist dieses Verfahren beispielsweise auch aus der DE-OS 27 29 697 bekannt. Dort wird eine inkrementell unterteilte Strecke so abgetastet, dass die Ausgangssignale in Abhängigkeit vom Weg sinus- bzw. cosinusförmig sind. Diese Ausgangssignale werden in Rechtecksignale umgeformt und einem Zähler zugeführt, der die Rechtecksignale zählrichtungsabhängig in einen Zähler einzählt, dessen Stand der abgetasteten Strecke entspricht.

Dieses Verfahren nach dem Stand der Technik ist recht einfach, auch im Aufbau einer zur Durchführung des Verfahrens geeigneten Schaltung. Der Schaltungsaufwand steigt jedoch sehr stark bei Erhöhung der Auflösung, so dass Auflösungen, die grösser als 1:20 sind, mit diesem Verfahren in der Praxis nicht mehr durchgeführt werden.

Demgegenüber ist es die Aufgabe der Erfindung, eine sehr hohe Auflösung der inkrementell unterteilten Wegstrecke bei geringem schaltungstechnischem Aufwand zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass zwei um  $90^\circ$  gegeneinander phasenverschobene Wechselspannungen aus dem Systemtakt über ein vorgegebenes Untersetzungsverhältnis hergestellt werden, die die Ausgangssignale modulieren, wobei die Ergebnisse anschliessend addiert werden, dass eine so entstandene mit den unteretzten Wechselspannungen gleichfrequente Spannung phasenempfindlich demoduliert wird, wozu das Bezugssignal durch Umsetzen der demodulierten Spannung in eine Impulsreihe gewonnen wird, die zählrichtungsabhängig zu dem Systemtakt addiert bzw. subtrahiert und im vorgegebenen Untersetzungsverhältnis untersetzt wird, und dass die Zahl der Impulse der Impulsreihe zählrichtungsabhängig gezählt wird. Wird das vorgegebene Untersetzungsverhältnis in Stufen eingestellt, so ist die Auflösung durch Wahl eines passenden Teilungsfaktors in einfacher Weise festlegbar.

Zur Durchführung dieses Verfahrens ist eine Schaltungsanordnung vorgesehen, die erfindungsgemäss dadurch gekennzeichnet ist, dass mit einem Systemtaktgeber über einen ersten Teiler mit vorgebbarem Teilungsverhältnis ein Pulsformer verbunden ist, dessen zwei Ausgänge die um  $90^\circ$  gegeneinander phasenverschobene Signale abgeben, mit Modulationseinrichtungen verbunden sind, deren andere Eingänge von den Aufnehmern beaufschlagt werden, dass die Ausgänge der Modulationseinrichtungen einer Addiereinrichtung zugeführt werden, die über ein Bandfilter einen phasenempfindlichen Demodulator ansteuert, dessen Ausgang mit einer Impulserzeugerstufe verbunden ist, die zählrichtungsabhängige Impulse einerseits an einen Zähler und andererseits an eine Impulsaddier/Subtrahierstufe abgibt, deren zweiter Eingang mit dem Systemtaktgeber verbunden ist und dass der Ausgang der Impulsaddier/Subtrahierstufe über einen weiteren Teiler mit gleichem Teilungsverhältnis wie der erste Teiler dem Referenzeingang des phasenempfindlichen Demodula-

tors zugeführt ist. Zweckmässige Ausgestaltungen des Verfahrens und der Schaltungsanordnung sind den abhängigen Ansprüchen zu entnehmen.

Wesentliche Vorteile des erfindungsgemässen, kontinuierlichen Verfahrens und der dazugehörenden Schaltung sind darin zu sehen, dass mit einfachen Mitteln sehr hohe Auflösungen bei guter Anzeigeruhe erreicht werden können, dass auf einfache Weise mehrere umschaltbare Teilungsfaktoren ermöglicht werden können und dass ohne Schwierigkeit bei beliebigen Aufnehmerpositionen der Wert auf Null gesetzt werden kann.

Die schematische Figur zeigt beispielsweise eine Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens.

Ein mit hoher Taktfrequenz arbeitender Systemtaktgeber 1 gibt seine Pulse auf einen ersten Teiler 2, der sie in einem vorgegebenen Untersetzungsverhältnis (beispielsweise 1000:1) untersetzt. Die unteretzten Pulse werden einem Pulsformer 3, z.B. einem Sinusformer, zugeführt, dessen Ausgänge je einem Eingang der Modulationseinrichtungen 4 und 5 zugeführt ist die z.B. Multipliziereinrichtungen sind. Die jeweils anderen Eingänge der Modulationseinrichtungen sind mit den sinus- bzw. cosinusförmigen Ausgangssignalen der beiden um eine Viertelperiode gegeneinander versetzten Aufnehmer verbunden. Die Ausgangssignale der Modulationseinrichtungen 4 und 5 werden der Addiereinrichtung 6 zugeführt, deren Ausgangssignal eine modulierte Spannung, z.B. eine Sinusspannung mit der Frequenz der Ausgangsspannungen des Pulsformers ist, jedoch mit anderem Phasenwinkel. Dieser Phasenwinkel ist ein Mass für den Weg innerhalb eines Rasterteils der inkrementell unterteilten Wegstrecke.

Gibt der Pulsformer keine sinusförmigen Pulse ab, sondern z.B. rechteckige Pulse, so wird zwischen Addiereinrichtung 6 und Demodulator 7 ein in der Figur nicht dargestelltes Bandfilter geschaltet, das im wesentlichen nur die Modulationsprodukte der ersten Harmonischen der unteretzten Pulsfrequenz hindurchlässt. Die höherfrequenten Modulationsprodukte, die von den rechteckigen Pulsen stammen, werden dadurch ausgefiltert, sodass wiederum eine modulierte Sinusspannung mit etwa der Frequenz der unteretzten Pulse ansteht.

Die modulierte Sinusspannung wird einem phasenempfindlichen Demodulator 7 zugeführt, dessen Referenzspannung aus dem Systemtaktgeber über eine Impulsaddier/Subtrahierstufe 11 und einen zweiten Teiler 12 gewonnen wird, dessen vorgegebenes Untersetzungsverhältnis identisch mit dem Untersetzungsverhältnis des ersten Teilers 2 ist (z.B. 1000:1). Die Ausgangsspannung des Demodulators 7 wird einem Tiefpassfilter 8 zugeführt. Statt des Tiefpassfilters 8 kann auch ein Integrator verwendet werden. Die derart geglättete Spannung gelangt anschliessend an eine Impulserzeugerstufe 9, die als Spannungs-Frequenz-Umsetzer (in Zukunft: SFU) ausgeführt sein kann. Andere Ausführungsmöglichkeiten der Impulserzeugerstufe 9 sind durch einen Generator fester Frequenz gegeben, dessen Ausgang in Abhängigkeit vom Eingangssignal schaltbar ist.

Je nach Polarität des Eingangssignals erzeugt der SFU ein Zählrichtungssignal für den ihm nachgeschalteten Zähler 10, der somit die Ausgangssignale der Impulserzeugerstufe 9 zählrichtungsabhängig einzählt. Ausserdem werden die Ausgangsimpulse der Impulserzeugerstufe 9 der Impulsaddier/Subtrahierstufe 11 zugeführt, deren anderer Eingang – wie bereits ausgeführt – mit dem Systemtaktgeber 1 verbunden ist.

Die beschriebene Schaltung arbeitet nach folgendem Verfahren: Im Ruhezustand steht der Wegegeber still, d.h. seine Ausgangssignale ändern sich nicht. Statt des Wegegebers kann naturgemäss jeder andere Geber mit einer inkrementell unterteilten Wegstrecke verwendet werden, beispielsweise ein Drehwinkelgeber. Ist die Phasenlage der modulierten Spannung genau um  $90^\circ$  gegenüber der Phasenlage der Referenzspannung gedreht, so ist die Ausgangsspannung des Demodulators 7 gleich Null, der SFU 9 gibt keine Impulse ab, die Schaltung befindet sich im Gleichgewicht. Weicht die Phasendifferenz zwischen modulierter Spannung und Referenzspannung jedoch von  $90^\circ$  ab, so erzeugt der Demodulator 7 je nach dem Vorzeichen der Phasenabweichung eine positive oder negative Ausgangsspannung, die im Tiefpassfilter 9 geglättet wird. Der anschliessende SFU 9 gibt bei Eingangsspannungen, die von Null abweichen, Impulsereihen ab und je nach Polarität der Eingangsspannung gegebenenfalls noch ein Zählrichtungssignal. In der Impulsaddier/Subtrahierstufe 11 werden diese Zählimpulse zu den Pulsen der hohen Taktfrequenz des Systemtaktgebers 1 je nach Zählrichtungsinformation addiert oder von diesen subtrahiert. Die Ausgangspulsfrequenz dieser Stufe wird nach der vorgegebenen Untersetzung als Referenzspannung des Demodulators 7 verwendet. Die Impulse der SFU 9 werden also so abgegeben, dass sich die Phasenlage der Referenzspannung im gleichen Sinn wie die Phasenlage der modulierten Spannung ändert, und zwar so lange, bis die Phasenverschiebung zwischen der modulierten Spannung und der Referenzspannung wieder genau  $90^\circ$  beträgt.

Die Ausgangssignale des SFU 9 werden dem Zähler 10 zugeführt, der je nach dem Zählrichtungssignal pro Impuls des SFU 9 einmal vorwärts oder rückwärts zählt, mit anderen Worten die Impulse des SFU werden im Zähler 10 zählrichtungsabhängig registriert. Eine Rasterteilung der inkrementell unterteilten Wegstrecke entspricht einer Verschiebung des Phasenwinkels um  $2\pi$ . Für diese Phasenverschiebung sind genau so viele Impulse des SFU 9 erforderlich, wie der Teilungsfaktor der Teiler 2 und 12 ist, im Beispielsfalle also 1000 Impulse. Zählt der Zähler 10 einen Impuls, so ist die inkrementell unterteilte Wegstrecke also um eine Tausendstel Rasterteilung verschoben worden, das Vorzeichen des Zählers 10 gibt dabei die Richtung der Verschiebung an.

Da die Auflösung eines Teilungsrasters der inkrementell unterteilten Wegstrecke einfach durch die Wahl eines passenden Teilungsfaktors der Teiler 2 und 12 festlegbar ist, ist eine Umstellung auf andere Auflösungen sehr einfach möglich.

