(19) Republik Österreich Patentamt

(11) Nummer: **390 158 B**

(12) # PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 749/85

(22) Anmeldetag: 14. 3.1985

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 8.1989

(45) Ausgabetag: 26. 3.1990

(51) Int.Cl.[5] : H03K 7/08
H03K 5/156

(30) Priorität:

29. 6.1984 DE 3424052 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:

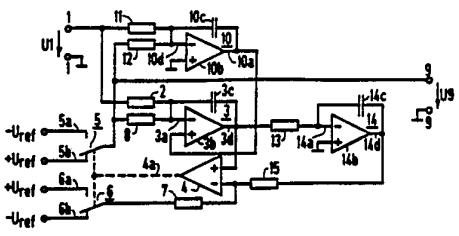
US-PS4031532 US-PS4161724 EP-A1 108812

(73) Patentinhaber:

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
BERLIN (WEST) + MÜNCHEN (DE).

(54) SIGNALUMFORMER

(57) Die Erfindung betrifft einen Signalumformer, bei dem zur Potentialtrennung das Signal in ein pulsbreitenmoduliertes Ausgangssignal umgesetzt wird. Hierzu ist ein erster Integrator (3) vorgesehen, dem ein Schwellwertgeber (4) nachgeschaltet ist, dessen Ausgangssignal wenigstens ein Umschaltglied (5, 6) betätigt, das über einen ersten Summierpunkt (3a) an dem das Signal ansteht dem invertierenden Eingang des Integrators (3) und dem Schwellwertgeber (4) eine positive oder negative Referenzspannung zuführt. Dieser Signalumformer soll bei hohem Gleichtakt einen geringen Offset und eine hohe Linearität besitzen. Hierzu ist ein zweiter Integrator (10) vorgesehen, dessen invertierender Eingang über einen zweiten Summierpunkt (10d) ebenfalls mit dem Signaleingang (1) und dem Ausgang des Umschaltgliedes (5) verknüpft ist. Das Ausgangssignal des zweiten Integrators (10) ist Bezugssignal des ersten Integrators (3). Die Linearität des Signalumformers ist damit ausschließlich von den Parametern des zweiten Integrators (10) abhängig. Weiterhin ist dem Ausgang des ersten Integrators (3) ein dritter Integrator (14) nachgeschaltet, dessen Ausgangssignal der Referenzspannung des Schwellwertgliedes (4) überlagert ist. Die Symmetrie des umgewandelten Signals ist damit ausschließlich von den Parametern des dritten Integrators (14) abhängig. Auch bei hohem Gleichtakt können der zweite und der dritte Integrator (10 bzw. 14) mit langsamen Präzisionsverstärkern realisiert werden.



AT 390 158 B

Die Erfindung betrifft einen Signalumformer mit einem ersten Integrator, dessen invertierender Eingang mit einem ersten Summierpunkt verbunden ist, der mit einem Signaleingang und mit einem Ausgang eines Umschaltgliedes verknüpft ist und dem ein Schwellwertgeber nachgeschaltet ist, dessen Ausgangssignal das Umschaltglied betätigt, das dem Summierpunkt und dem Schwellwertgeber eine positive oder negative Referenzspannung zuführt, und einem zweiten Integrator, dessen invertierender Eingang mit einem zweiten Summierpunkt verbunden ist.

Aus der DE-OS 21 35 802 ist ein spannungssteuerbarer Relaxationsoszillator bekannt. Solche Signalumformer sind zur potentialgetrennten Weiterverarbeitung von Meßwerten, beispielsweise von Meßwerten des Ankerstroms, des Drehzahlsoll- und Istwertes in der Antriebstechnik erforderlich, wobei keine Informationsverluste auftreten dürfen. Dabei wird das Signal in eine dem Meßwert proportionale Frequenz umgesetzt und potentialfrei übertragen. Auf der Niedervoltseite wird diese Frequenz wieder in eine zur Frequenz proportionale Spannung umgesetzt. Es hat sich gezeigt, daß insbesondere bei hohem Gleichtakt die Linearität des bekannten Signalumformers nicht ausreichend ist und daß ein Offsetabgleich erforderlich ist, dies zumindest dann, wenn für die Realisierung des Integrators nicht sehr teuere, schnelle Präzisionsverstärker eingesetzt werden.

Aus der US-PS 4 031 532 ist ein Spannungs-Frequenz-Wandler bekannt, wobei ein Analogsignal über einen Eingang einem nicht invertierenden Eingang des Integrators zugeführt ist. Der Ausgang des Integrators ist mit einem nachgeschalteten Komparator verknüpft. Der Ausgang dieses Komparators ist mit einem D-Flip-Flop verbunden. Ein Taktgenerator taktet das D-Flip-Flop über einen Clock-Eingang. Am Ausgang Q des D-Flip-Flops ist eine pulsmodulierte Rechteckschwingung abgreifbar. Dabei ist das Tastverhältnis und die Frequenz dieser Rechteckschwingung der Amplitude und der Polarität der analogen Eingangsspannung proportional. Die Linearität dieses Wandlers ist abhängig vom Operationsverstärker des Integrators und von seinen Beschaltungselementen. Besonders bei hohem Gleichtakt, den man für Messungen hoher Auflösung benötigt, reicht die Linearität dieses Spannungs-Frequenz-Wandlers nicht aus.

Aus der US-PS 4 161 724 (= DE-OS 26 21 087) ist ein Analog-Digital-Wandler bekannt. Ein Analogsignal ist über ein erstes Schaltelement dem invertierenden Eingang eines ersten Integrators und über ein drittes Schaltelement einem nicht invertierenden Eingang eines zweiten Integrators zugeführt. Der Ausgang des ersten Integrators ist über ein viertes Schaltelement mit dem invertierenden Eingang des ersten Integrators und über ein fünftes Schaltelement mit dem invertierenden Eingang des zweiten Integrators verbunden. Über ein zweites Schaltelement ist außerdem eine Referenzspannung an den nicht invertierenden oder den invertierenden Eingang des zweiten Integrators geschaltet. Der Ausgang des zweiten Integrators ist mit einem Eingang eines nachgeschalteten Komparators verbunden. An den beiden Ausgängen des Komparators, die mit einem Vor- und Rückwärtszähleingang eines Zählers verbunden sind, erscheint je nach Polarität des Ausgangssignals des zweiten Integrators ein Signal. Durch die Verwendung von zwei Integratoren besteht die Möglichkeit, die analoge Größe jeweils abwechselnd an einem der Integratoren anzuschalten und in der Zwischenzeit, in der die analoge Größe nicht angeschaltet ist, die Referenzgröße an den betreffenden Integrator zu legen. Das in jedem Integrator gewonnene Umsetzergebnis bezieht sich auf eine feste Integrationszeit für die analoge Größe, so daß durch die Addition der beiden Umsetzergebnisse in dem gemeinsamen Zähler auch das Gesamtumsatzergebnis sich auf eine feste Integrationszeit bezieht.

Es besteht die Aufgabe, einen Signalumformer der eingangs genannten Art so auszugestalten, daß er eine ausreichende Linearität besitzt.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß der zweite Summierpunkt mit dem Signaleingang und dem Ausgang des Umschaltgliedes verknüpft ist, wobei der Ausgang des zweiten Integrators mit dem nicht invertierenden Eingang des ersten Integrators verbunden ist.

Bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung dieses Signalumformers wird mit dem zweiten Integrator ein Korrektursignal gebildet, das den ersten Integrator solange nachführt, bis sichergestellt ist, daß das Ausgangssignal exakt dem Eingangssignal entspricht. Damit ist die Linearität dieses Umsetzers ausschließlich von den Parametern des zweiten Integrators abhängig.

Vorzugsweise ist der Ausgang des ersten Integrators mit einem dritten Integrator verbunden, dessen Ausgangssignal dem Referenzsignal für den Schwellwertgeber überlagert ist. Mit dieser Korrekturspannung werden die Spannungszeitflächen in einer Periode der Dreiecksspannung des ersten Integrators gleich groß gemacht, ein Offsetabgleich ist damit nicht mehr erforderlich.

Fig. 1 zeigt ein Schaltbild des erfindungsgemäßen Signalumformers. Das Signal (U_1) steht an den Eingangsklemmen (1) an und ist über einen Widerstand (2) und einem ersten Summierpunkt (3a) einem ersten Integrator (3) zugeführt, der im Ausführungsbeispiel mit einem Operationsverstärker (3b) realisiert ist, der mit einem Kondensator (3c) beschaltet ist. Der Ausgang (3d) des Integrators (3) ist mit dem nicht invertierenden Eingang eines Schwellwertgebers (4) verbunden. Der Ausgang (4a) ist an die Betätigungseingänge von zwei Umschaltern (5) und (6) geführt, an deren Wechselkontakte (5a) und (5b) bzw. (6a) und (6b) die vorzugsweise gleich großen Referenzspannungen ($+U_{ref}$) und ($-U_{ref}$) mit unterschiedlichem Vorzeichen anstehen. Der Ausgang des Umschalters (6) ist über einen Widerstand (7) mit dem invertierenden Eingang des Komparators (4) und der Ausgang des Umschaltgliedes (5) ist über einen Widerstand (8) über dem ersten Summierpunkt (3a) mit dem Integrator (3) verbunden. Der Ausgang des Umschalters (5) ist außerdem noch an

die Klemmen (9) geführt, an denen das pulsbreitenmodulierte Ausgangssignal (U_9) abgenommen werden kann.

Der Ausgang (10a) eines zweiten Integrators (10) ist mit dem nicht invertierenden Eingang des Integrators (3) verbunden. Der Integrator (10) ist ebenfalls mit einem Operationsverstärker (10b) realisiert, der in üblicher Weise mit einem Kondensator (10c) beschaltet ist. Ein zweiter Summierpunkt (10d) ist wie beim Integrator (3) mit dem invertierenden Eingang des zweiten Integrators (10), über einen Widerstand (11) mit den Eingangsklemmen (1) und über einen Widerstand (12) mit dem Ausgang des Umschaltgliedes (5) verbunden.

Dem Ausgang des Integrators (3) ist über einen Widerstand (13) der invertierende Eingang (14a) eines dritten Integrators (14) nachgeschaltet, der ebenfalls mit einem Operationsverstärker (14b) realisiert ist, der mit einem Kondensator (14c) beschaltet ist und dessen nicht invertierender Eingang am Bezugspotential liegt. Der Ausgang (14d) des Integrators (14) ist über einen Widerstand (15) mit dem invertierenden Eingang des Schwellwertgebers (4) verbunden.

Die Wirkungsweise des Signalformers wird anhand der Figuren 2 bis 4 näher erläutert, in denen jeweils die Ausgangsspannung (U_3) des Integrators (3) und die pulsbreitenmodulierte Ausgangsspannung (U_9) des Signalformers über der Zeit (t) aufgetragen sind, wobei als vorteilhafte Ausgestaltung $|+U_{ref}| = |-U_{ref}|$ vorausgesetzt ist. Weiterhin wird angenommen, daß für Figur 2 $U_1 = 0$, für Fig. 3 $U_1 = 0 + \Delta U_1$ und für Figur 4 $U_1 = 0 - \Delta U_1$ gilt. Im Zeitpunkt Null befinden sich die Umschaltglieder (5) und (6) in der in Fig. 1 gezeigten Stellung. Damit ist über den Summierpunkt (3a) dem invertierenden Eingang des Integrators (3) die Spannung ($+U_{ref}$) und dem invertierenden Eingang des Komparators (4) die Referenzspannung ($-U_{ref}$) zugeführt. Der Integrator (3) integriert die am Summierpunkt (3a) anstehende Spannung solange ab, bis seine Ausgangsspannung (U_3) den Wert ($-U_{ref}$) erreicht. In diesem Zeitpunkt kippt der Schwellwertgeber (4) um und steuert die Umschaltglieder (5) und (6) um. Der Integrator (3) integriert nun eine negative, am Summierpunkt (3a) anstehende Spannung auf, bis seine Ausgangsspannung (U_3) den Wert ($+U_{ref}$) erreicht hat, bei dem der Komparator (4) erneut umkippt und die Umschalter (5) und (6) wieder in die in Figur 1 gezeigte Lage umschalten und sich der Vorgang wiederholt. Man erhält damit die in Fig. 2 gezeigte Dreieckspannung (U_3) und die Ausgangsspannung (U_9). Unter der Voraussetzung, daß $|+U_{ref}| = |-U_{ref}|$ ist, ist die Zeitspanne (t_1), in der der Integrator (3) abwärts integriert, gleich der Zeitspanne (t_2), in der er aufwärts integriert und damit gilt $t_1/t_2 = 1$. Die zwischen ($+U_{ref}$) und ($-U_{ref}$) alternierende Ausgangsspannung (U_9) besitzt damit den arithmetischen Mittelwert Null ($\bar{U}_9 = 0$), was dem Eingangssignal $U_1 = 0$ entspricht.

In den Figuren 3 und 4 gilt $U_1 = 0$ bzw. $U_1 < 0$. Damit ist die Zeitspanne (t_1) für die Abwärtsintegration verschieden von der Zeitspanne (t_2) für die Aufwärtsintegration und $t_1/t_2 \neq 1$. Dabei ist $t_1 < t_2$ für $U_1 > 0$ und $t_1 > t_2$ für $U_1 < 0$. Der arithmetische Mittelwert der Ausgangsspannung (U_9) ist somit proportional der Eingangsspannung. Da ausschließlich das Tastverhältnis der Ausgangsspannung (U_9) ausgewertet wird, hat die Taktfrequenz und damit auch die Kapazität des Kondensators (3c) keinerlei Einfluß auf die Genauigkeit dieses Umsetzverfahrens.

Insbesondere bei hohen Taktfrequenzen können jedoch Bauelementtoleranzen Übertragungsfehler hervorrufen. Um diese Übertragungsfehler zu kompensieren, wird mit dem Integrator (10) ein Korrektursignal gebildet, das als Bezugsspannung für den Integrator (3) dient und diesen nachführt, bis $U_9 = U_1$ ist. Vorzugsweise wird hierfür die Zeitkonstante, die durch den Widerstand (11) und den Kondensator (10c) gegeben ist, groß gegenüber der Pulsfrequenz gewählt. Die Linearität zwischen der Eingangsspannung (U_1) und der Ausgangsspannung (U_9) ist somit ausschließlich von den Parametern des Verstärkers (10b) abhängig, insbesondere dann, wenn (U_1) symmetrisch zum Bezugspunkt ist.

Mit dem Integrator (14) wird eine Korrekturspannung gebildet, die der Referenzspannung für den Komparator (4) überlagert ist und den Operationsverstärker (4) so verzieht, daß die Spannungszeitflächen (F_1) und (F_2) in den Figuren 2 bis 4 immer gleich groß sind. Die Symmetrie von (U_3) ist damit ausschließlich von den Parametern des Operationsverstärkers (4) abhängig.

Diese Korrekturen wirken sich besonders bei hohem Gleichtakt aus, beispielsweise bei Taktfrequenzen von 100 kHz, die man für Messungen bei hoher Auflösung, beispielsweise von 1 : 10.000 bis 1 : 40.000 benötigt. Bei diesen Forderungen müßte man bei bekannten Signalumformern sehr schnelle Präzisionsverstärker als Operationsverstärker (3b) und (4) einsetzen, was zumindest sehr teuer wäre. Bei der beschriebenen Schaltung können dagegen die Operationsverstärker (10b) und (14b) langsame Präzisionsverstärker sein, während die Operationsverstärker des Integrators (3) und des Schwellwertgebers (4) schnelle Operationsverstärker sein können, an deren Präzision nicht zu hohe Anforderungen zu stellen sind. Bei geringem wirtschaftlichen Aufwand erhält man daher mit der erfindungsgemäßen Schaltung einen geringen Offset (z. B. < 100 µV), der keinen Abgleich erfordert und eine hohe Linearität (z. B. >14 BIT) bei hohem Gleichtakt.

PATENTANSPRÜCHE

1. Signalumformer mit einem ersten Integrator **(3)**, dessen invertierender Eingang mit einem ersten Summierpunkt **(3a)** verbunden ist, der mit einem Signaleingang **(1)** und mit einem Ausgang eines Umschaltgliedes verknüpft ist und dem ein Schwellwertgeber **(4)** nachgeschaltet ist, dessen Ausgangssignal das Umschaltglied **(5)** betätigt, das dem Summierpunkt **(3a)** und dem Schwellwertgeber **(4)** eine positive oder negative Referenzspannung ($+U_{ref}$, $-U_{ref}$) zuführt, und einem zweiten Integrator **(10)**, dessen invertierender Eingang mit einem zweiten Summierpunkt **(10d)** verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet,** daß der zweite Summierpunkt **(10d)** mit dem Signaleingang **(1)** und dem Ausgang des Umschaltgliedes **(5)** verknüpft ist, wobei der Ausgang **(10a)** des zweiten Integrators **(10)** mit dem nicht invertierenden Eingang des ersten Integrators **(3)** verbunden ist.

2. Signalumformer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß der Ausgang **(3d)** des ersten Integrators **(3)** mit einem dritten Integrator **(14)** verbunden ist, dessen Ausgangssignal dem Referenzsignal ($+U_{ref}$, $-U_{ref}$) für den Schwellwertgeber **(4)** überlagert ist.

Hiezu 1 Blatt Zeichnung

ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT

Patentschrift Nr. 390 158

Ausgegeben 26. 3.1990

Int. Cl.[5]: H03K 7/08
H03K 5/156

Blatt 1

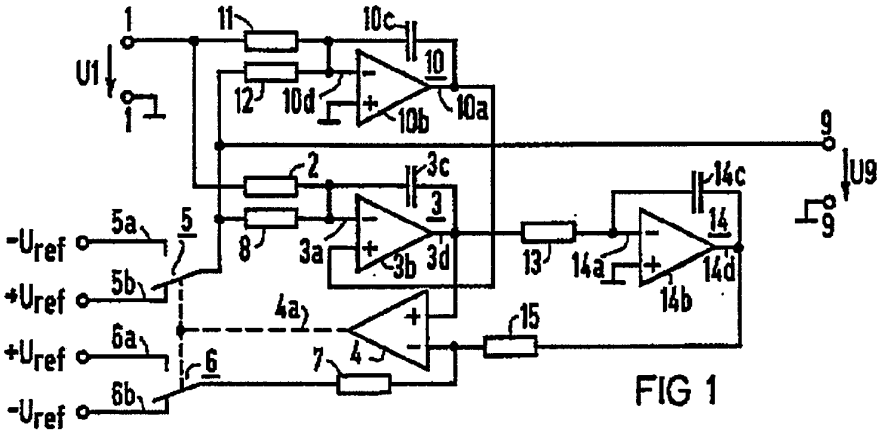


FIG 1

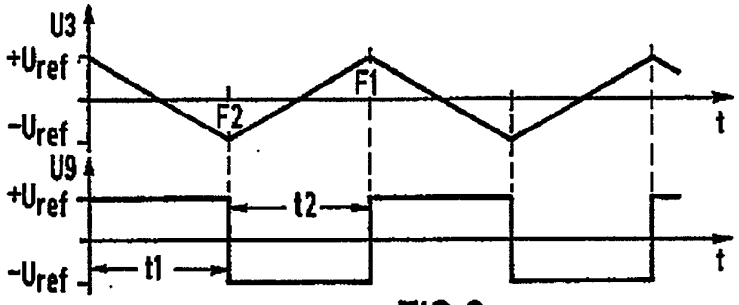


FIG 2

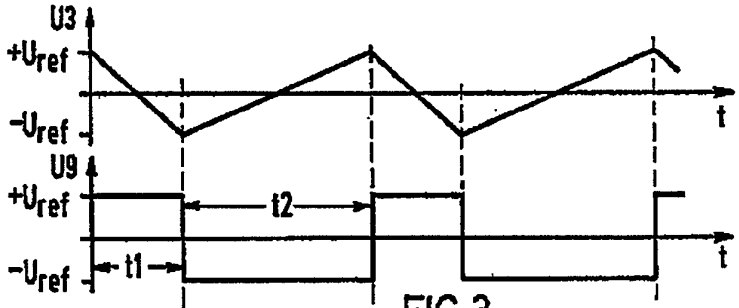


FIG 3

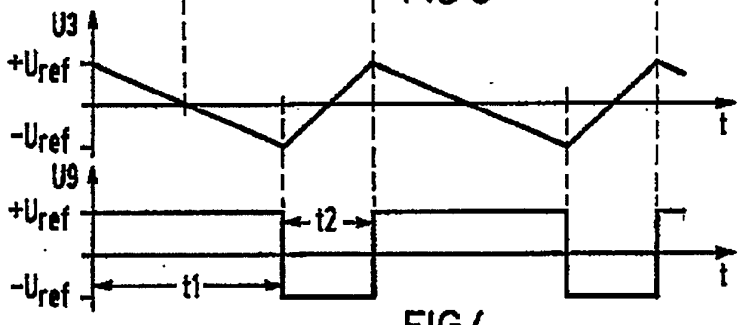


FIG 4